N° d'ordre : **ANNÉE 2015**

THÈSE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne

pour le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Mention : Biologie

Ecole doctorale Vie Agro Santé

présentée par

Céline Rochais

Préparée à l'Unité Mixte de Recherche CNRS n°6552 - EthoS
Laboratoire d'Ethologie Animale et Humaine
UFR SVE

L'attention chez le cheval domestique *Equus caballus*

Caractéristiques individuelles et facteurs de modulation

Thèse soutenue à Paimpont le 7 avril 2015

devant le jury composé de :

Alain BOISSY
Directeur de recherche, INRA Clermont Ferrand-Theix / *rapporteur*

Donald BROOM
Professeur, Université de Cambridge / *rapporteur*

Ludwig HUBER
Professeur, Université de Vienne / *examinateur*

Nathalie GEORGE
Directrice de recherche, Université Pierre et Marie Curie, Paris / *examinateur*

Martine HAUSBERGER
Directrice de recherche, Université de Rennes 1 / *directrice de thèse*

Séverine HENRY
Maître de conférence, Université de Rennes 1 / *co-directrice de thèse*

Hugo COUSILLAS
Professeur, Université de Rennes 1 / *co-directeur de thèse*

REMERCIEMENTS

Puisqu'une thèse c'est avant tout un travail d'équipe, je tiens à remercier les nombreuses personnes qui ont contribué de près ou de loin à ces travaux.

En premier lieu, je remercie mes co-directeurs de thèse, Martine Hausberger, Séverine Henry et Hugo Cousillas. Martine, je te remercie pour m'avoir fait confiance depuis le début, pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés, pour ta curiosité, pour ton positivisme acharné, pour tes réponses même à des heures tardives ou très tôt le matin (sous fièvre ou sous jet lag !), autour d'un thé ou d'un apéro… ! Merci pour tes connaissances et ta passion sans faille de cet animal qu'est le cheval. Séverine, merci pour tout ce que tu m'as apporté, tes réflexions et tes idées, ta pédagogie, tes conseils avisés, ta Winner attitude, pour la fonction « aligner » qui maintenant n'a plus de secret pour moi (enfin je crois !), pour m'avoir soutenue depuis le début (petite étudiante que j'étais !), pour me soutenir encore, pour ton oreille attentive…Hugo, merci pour tout ce que tu m'as appris sur les aspects physio, merci de m'avoir accompagnée sur le terrain, ta compagnie était fort agréable, au soleil ou sous la pluie ! Merci pour tes encouragements et ton soutien…

Je suis très honorée que Donald Broom et Alain Boissy aient accepté d'être rapporteurs de ce travail (j'ai bien conscience que c'est une lourde tâche !). Je remercie également Nathalie George et Ludwig Huber d'avoir accepté de siéger dans mon jury en tant qu'examinateurs.

Je tiens à remercier l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation, pour avoir soutenu l'ensemble de ce projet par le biais d'appels d'offre annuels et particulièrement Françoise Clément, Marion Cressent et Sophie Danvy.

Je remercie tous les membres de mes comités de thèse, Bertrand Deputte, Marc Vérin, Christophe Quaireau, Frederick Devinck et Yvan Lagadeuc. Merci de m'avoir aguillée dans les méandres du début de thèse, merci pour vos discussions et vos conseils. Je tiens à remercier Yvan Lagadeuc, mon tuteur de thèse pour ne pas m'avoir oubliée… !

J'adresse toute ma reconnaissance à tout le personnel de la station expérimentale de Chamberet en Corrèze. Merci de m'avoir accueillie chaleureusement (même sous la neige !), merci pour votre sympathie, pour vos sourires, pour votre humour… Merci à Laurence Wimel, directrice de la station, d'avoir toujours su répondre à nos demandes. Merci à Patrice, responsable adjoint, pour ta gentillesse, ton soutien, ton humour, et pour m'avoir laissé conduire TON gator! Merci à Joseph, pour m'avoir épaulée lors de mes premiers pas à la station, merci pour ta gentillesse, ton sourire, ton soutien même les weekends et pour les super virés en express ! Merci à Cédric, pour avoir été le McGyver de mes boites confrontées à des juments gloutonnes ! Merci également à Marie Joe, pour ta gentillesse et toutes tes petites attentions (merci d'avoir mis le chauffage avant mon arrivée pour être dans un nid douillet !), merci pour tes coups de main administratifs. Merci à Jacques, Claude, Patrick, Marion, et toute la clique pour m'avoir accompagnée à mon arrivée et m'avoir aidée lors de mes manips (même le weekend !).

Merci à toute l'équipe de l'atelier hippique de Laval. Merci à Claire Dufeu pour nous avoir ouvert les portes de son établissement et laissé diffuser des « bruits bizarres » dans son écurie. Merci à Philippe pour m'avoir laissée observer les chevaux pendant tes cours. Merci Claire et Philippe pour nous avoir offert le gîte, sans lequel nous aurions dormi dans le foin… ! Merci à Laurent, Fabien et Béatrice pour votre compréhension et vos coups de main. Merci à tous pour ce super repas en compagnie de, euh…. 30 chevaux…

Je remercie Sophie Biau et l'ensemble du personnel de l'Ecole Nationale d'Equitation. Merci de nous avoir ouvert les portes de ce lieu oh combien « mythique » de l'équitation française. Merci à tous les soigneurs pour tous vos coups de main (quoi, mais c'est quoi ce truc sur la tête des chevaux ?!!) et votre gentillesse. Merci à tous les cavaliers ayant accepté de faire de leurs chevaux mes « petits cobayes ».

Merci à toutes les personnes du laboratoire d'éthologie animale et humaine qui ont joué un rôle clé dans l'aventure que constitue une thèse ! Merci à ces wonder woman et super man de la paperasse, qui ont su répondre à mes questions et m'épauler même dans les plus brefs délais… Merci à Sylvie Dufresne pour m'avoir toujours accueillie avec le sourire lorsque je n'étais « qu'une petite étudiante » et merci pour tes coups de fil pour me dire que mes culottes sont bien restées à Paris (ou à Canton !). Merci Isabelle pour tous tes coups de main (une fiche financière, quoi ? kesksékса ?). Merci Géraldine pour m'accueillir dans ton bureau avec le sourire et des cartons de papier pour Paimpont ! Merci au super man de la mission, la perle rare du booking de congrès, monsieur Antoine Lazou ! Grand merci à toi pour gérer comme un chef même dans les plus brefs délais (et pour ne pas me laisser jouer de la flûte de pan place St anne, au passage merci Sylvie aussi pour ça). Merci à tous les techniciens, animaliers, chercheurs, professeurs, enseignants chercheurs du labo, de l'équipe, rennais ou paimpontais. Merci Alban, pour avoir toujours répondu à mes questions, merci Isabelle pour tes conseils avisés dès le début de ma thèse et ton rire super communicatif, merci Laurence pour tes conseils en fin de thèse (eh oui chacun son moment !) et tes conseils lors des enseignements. Merci Françoise pour tes coups de main biblio, merci Marie pour ton oreille attentive, Merci Cécilia, j'ai beaucoup appris à tes côtés lors des enseignements et merci pour les petites poulettes ! Merci Christophe pour tes super coups de main à n'importe quel moment. Merci Stéphane, pour m'avoir accompagnée sur le terrain, pour m'avoir aidée énooooormément et pour ta gentillesse. Merci la nath' pour les poulettes ! Merci Sophie, Véro, Hugo, Séverine, Stéphanie, Virginie, Fouad, Michèle. Merci Pierre pour tes conseils, pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés. Merci Caroline pour ton oreille attentive, tous tes coups de main et ta grande gentillesse. Un grand merci à Catherine pour ton oreille attentive, pour ta gentillesse et tes conseils avisés, merci de m'avoir soutenue depuis plusieurs années…
Merci aux « copines du labo » (« parce que c'est comme ça qu'on dit » ! Désolée Flo et Jacques, mais vous êtes des copine aussi !!). Merci aux rennais, et notamment « le mâle rennais », merci Florent pour ces bons moments (hey, sandrine rock, t'a oublié ton sac !!!), merci Océane pour toutes tes petites attentions, ta compagnie en Autriche, à Nantes, où je suis sûre tu te souviendras de tes plus belles bougies d'anniversaire ! Merci ma petite caille ! Merci Agathe, pour m'avoir aiguillée et aidé dès mon arrivée au labo. Merci Audreytourneau,

pour ta gentillesse et ton déhanché désormais légendaire sur grease ! Merci Marion pour ton soutien et tes conseils lors des enseignements. Merci Fanny, parce que t'es trop mignonne et trop bonne dans ton costume d'araignée ! Merci Vanessa pour ton cœur énoooooorrrmmmmmeeeeee (jusqu'au bout hein !), tu me manques maintenant que tu es une citadine ! Merci aux « copines du bureau » (« parce que c'est comme ça qu'on dit aussi !!! »), les filles, la vie sans vous, c'est comme un prout sans odeur… c'est nul ! bref, merci Booooooobbbssss pour tes bisous et ton soutien et ta wonder woman attitude ! Merci Hélènou, parce qu'on s'est serrés les coudes depuis le début et parce qu'on se les serrera encore, merci pour tes petites attentions. Merci ma grosse fonfon, pour ton soutien sans faille, ta folie, ta fonfonitude (mais on y reviendra !!). Merci Camille ou culcul, ou camionnette ou la belle brune, c'est cool d'avoir ta bouille derrière mon écran, merci pour ton soutien ces derniers mois, même si j'ai morvé sur ton épaule !! Merci maggy, la grosse pussy ! Ton cœur est aussi gros que ta touffe de cheveux, c'est dire…merci d'être là ! Merci ma doro, pour tes super gâteaux, ta gentillesse énooooooooorme ton soutien et tes bisous ! Merci Clem (ou Jean-Claude) pour ton soutien, tes conseils, ton gîte et ton couvert avec des bières ! Merci Carol pour ton sourire lors de mes premiers pas à la station. Merci Jacques, pour tes petits messages ! Merci Laurine, pour tes petites attentions. Merci Amandine pour tous tes conseils et ton soutien jusqu'au bout ! Merci Momo et Alice, bienvenues à la station, voilà la tronche d'une thésarde en fin de thèse « euh, mort vivant, le retour ». Faites de ce bureau the place to be, forever !!!

Pour celles qui sont parties, mais qui sont toujours là (oui, c'est moche le poil de poney !) Merci Marine pour tous tes petits messages d'encouragement, jusqu'au bout !
Merci Carole, pour m'avoir soutenue depuis le début (toi : quoi, un staphylo, t'inquiètes c'est normal !) (moi : quoi, une queue de Denver, t'inquiètes c'est normal). Je pense franchement que je n'en serai pas là aujourd'hui sans tes conseils et ton soutien, alors « vive les poneys ».

Une petite pensée pour Badia Msassi, perle précieuse de l'école doctorale VAS, merci beaucoup pour tes coups de main (même de dernière minute), ta gentillesse et d'avoir toujours répondu à mes messages…

Une thèse c'est des vadrouilles à droite et à gauche, en France et à l'étranger, mais heureux qui comme Ulysse a fait un beau voyage, a vu cent paysages, et puis a retrouvé, après maintes traversées, le pays des vertes années…Merci à toutes les belles âmes de la Station Biologique de Paimpont, qui font de ce lieu presque une maison ! Je traine mes guêtres à la station depuis maintenant, ouh, au moins tout ça et ferai presque partie des murs (mais bon, Pierre est encore là !!). Je tenais à remercier Daniel, directeur de la station qui sait créer de bonnes occasions pour la cohésion de groupe ou des groupes de cohésion, et pour ton oreille attentive. Merci Fabienne, pour tes coups de mains, pour ton petit c** le vendredi après-midi (!!!) et pour ton sourire. Merci Catherine pour ta gentillesse et pour tous tes coups de main. Merci aux mamans (vous êtes vraiment des mamans !!!), pour vos gros bisous, pour me cajoler depuis mon arrivée…Merci Soizic pour ton sourire, ton humour et tes « gros bisous morue ». Merci Catherine pour ton oreille attentive, ton soutien et toutes tes petites attentions ! Merci Marie-Pierre, pour ton cœur gros comme le bourricot de ta copine et pour tes sourires quotidiens.

Merci Lulu, pour tes bisous, ton humour et toutes tes petites attentions. Merci Chantal pour tes blagues coquines et ta gentillesse. Merci Françoise. La station sans Léon n'est pas la station ! Merci Léon pour ton soutien depuis le début (huuuummmm, 6 ans bientôt mec !), pour ton glic et ton glouc, pour tes massages de fin de thèse et pour ton soutien. Merci Christophe, allllllezzz allllllezzz allllllezzzzzz… on comprendra! Un énoooooorme merci à Maryvonne, tata yoyo, pour ton sourire, ton cœur aussi grand et rempli que le potager de mimich', ton soutien depuis le début et ton rire, oui, c'est ça, le rire de Maryvonne. Nous devrions tous faire une cure de rire de Maryvonne…. ! J'ai parlé du potager mais pas du bonhomme…le gras de viande ! Frais et dispo, toujours sur le boulot, Mimich' ou mon sauveur pour allumer le feu un 26 décembre trempée dans mon glaçon qui me servait de maison ! Merci vieux soldat pour ton cœur aussi énorme que le rire de Maryvonne ! Merci pour tout ce que tu nous apprends au quotidien, autour d'un gras de viande !!
Parce qu'un gras de viande ne se partage jamais tout seul, heureusement, les canons d'en haut sont là ! Merci Philippe pour tout ce que tu as fait pour moi pendant ces années. Mc Gyver est une grosse buse à côté de toi ! Merci pour ton oreille attentive, ton soutien sans faille, tes conneries et ton sourire. Merci Arnaud, pour ton soutien, depuis le début, ton humour, ton régime de banane, ton cœur aussi gros que marjo…Merci Hervé, pour tout ce que tu as pu faire pendant cette thèse, tu m'as toujours soutenue, dans les moments ensoleillés et orageux, mais c'était souvent un petit coin de parapluie ! Merci énormément.

Merci à tous les autres stationautes sans qui la vie ne serait pas la même, merci à Pascaline et Glenn pour votre soutien et les coups de main stat. Merci Pascaline pour avoir toujours su répondre à mes interrogations malgré ton emploi du temps chargé. Merci Eric pour tous tes conseils, les choux au saumon, l'apéro pipistrelles ! Merci Nelly et Dominique pour votre oreille attentive ! Merci Marc, parce que je crois que si Dieu existait il te ressemblerait beaucoup, si si, même toi tu le dis… Marc merci énormément pour avoir toujours été là pour m'écouter et me conseiller ! Merci Guéno, pour ton soutien, ton sourire, jusqu'au bout ! Un énoooorrrrmmmeeee merci à Alain, pour ses super apéros au bord de l'eau, des balades avec des z'animaux à grandes z'oreilles et surtout, merci pour ton coup de crayon, c'est trop mignon ! Un grand merci pour monsieur Jaco, pour m'avoir dépanné informatiquement mais surtout moralement ! Merci à tous les GWOS vers de terre de la station… Cha, je pense bien fort à toi, Le toniooooooooooooo, un mec, un vrai, un cœur aussi gros que son tronc d'arbre (vais pouvoir enfin venir voir votre manoir !!). KK, un grand merci pour ton soutien et ton aide pour la dernière ligne droite. Maxime, merci pour ta gentillesse et ton soutien. Natachouette, ce n'est pas pour rien que l'on t'appelle Natachouette ! Merci pour tous ces bons moments en ta compagnie et pour les prochains ! Merci Mumu pour ton cœur aussi grand que la piscine de Guer (oui oui, tous les mardi… !), merci pour ton soutien, « t'es trop mignonne ». Merci Docteur Piron, pour m'avoir bien souvent rassurée autour d'une dégustation de jus de treille ! Une tite pensée pour et les « petits derniers » Daniel, Jennifer, Aurélien, Sarah, Alice merci pour votre coup de main de dernière ligne droite et tous ces chouettes moments en votre compagnie. Ce ne sont pas des vers de terre, mais ils peuvent avoir de gros lombrics, merci à ce gros ventrachoux et son gros robert (et surtout gertrude), merci beaucoup pour toutes tes attentions et de m'avoir nourrie le dimanche ces dernières semaines, c'est trop mignon ! Merci à Monsieur Laparie et sa grosse touffe. Tu sais que je

n’ai rien besoin d’ajouter, sauf si peut être un petit Hindi Zhara et un verre de pinard… ! Merci à ‘la genton’ partie vers de nouveaux horizons ! (ça rime, c’est beau !) merci pour tes conseils et ton soutien jusqu’au bout ! Merci Alex’ (et maya !!) parce que je sais que tu seras toujours là, pour ton soutien jusqu’au bout ! Parce que la station c’est aussi Melrose station avec son remue-ménage, une pensée pour les oiseaux de passage : Merci à Sophie Hild, Sophie Brajon (j’espère vous revoir bientôt !), Claire Pettoelo (huuumm, la soucoupe volante, c’est quoi ?), MC et ses poumpoum short, Alex, Léa, mamar, Flo, Bédu, Jo, Alex’, Mélissa, Octobre et tous ceux avec qui j’ai pu partager de supers moments, à la station ou ailleurs.

Merci à Sandrinou qui m’a toujours soutenue depuis le début, merci pour ton super déhanché « Sean Paul, yeah yeah », pour tes talents de chanteuse de karaoké, pour m’avoir dépannée, même dans les moments difficiles !!!

Merci à toutes les personnes qui m’ont énoooorrrrmément aidée sur le terrain et au labo. J’ai toujours passé de super moments avec vous. Merci Cléo (céline t’as les yeux dans la graisse de bean…c’est beau !) Mathilde (des boites c’est bien, dans une suzuki, c’est moins bien !), Mélissa (la pluie bretonne, le soleil saumurois, what else ?), Schédir (prépare ton maillot de bain, la Corrèze, c’est la braise !) et Delphine. « Vive les poneys ».

Merci Maxime, le MCGyver des stat, c’était vraiment chouette d’être en ta compagnie pour ces réunions à VAS ; Merci pour ton sourire et ton optimisme !

Merci à tous les copains, pour m’avoir soutenue jusqu’au bout.
Merci « aux angevins » pour les grands « allllllleeeeeeezzzzz làààààààààà », ou « doooonnnneee tooouuuutt » ou « faut tout donner ouais, c’est pas le moment d’abandonner, ouais », et même « parce qu’on ne laisse pas bébé dans un coin »….merci à mon marin d’eau douce, mon chaton et sa poutrelle, ma galinette et son galinet, ma lulu mon rem’s et la moitié d’eux deux = 3 (quoi, c’est clair non ?), mon cakos (depuis la réflexion de prises sans fils jusqu’à la relecture, en passant par le golf d’Angers, merci jusqu’au bout!!!) ma grosse vilaine, ma chacha (pour tes bonnes ondes !) et mon dada pour tes supers surprises et ton cœur grand comme tes savates !

Merci au guetto etho crew, pour être toujours là quand il faut (enfin, on essaye !). Merci Juju, Shank, Ramion la catin, JB gigolo, et le nico (le mec qui imitait mieux l’otarie qui parle qu’une otarie qui parle… !). Merci Kevina, tu aurais aussi pu être dans le paragraphe des copines de bureau !

Merci à tous les habitants de Roveneuc, pour m’avoir soutenue spirituellement depuis le début de cette thèse. Merci à Christelle pour tes petites attentions et ton oreille toujours présente. Merci aux « chiens de talus » ! Merci Bastien pour ces balades à cheval, et merci Ganesh et Paco (au passage). Merci mon kiki, ces derniers jours ont été plus doux avec toi ! Merci Georges et Raymond. Merci Georges pour tous tes conseils et coups de mains (je suis une femme libérée, je fais la vidange de la deudeuch maintenant !). Merci à tous mes collocs du

château, la grosse fonfon parce qu'on s'emmerderait sans toi ! alors ? ça fonfonne ?!!! Merci Xav pour nous avoir réchauffé le corps ! Merci Flo pour nous avoir réchauffé l'esprit !

Merci aux inclassables, la moruch' désolée ma poule les chouilles en mode ingrid se sont faites rares ces temps-ci, je me rattraperai bientôt… Le Vour'ch, merci d'avoir fabriqué mon dispositif de thèse ! Merci pour ton cœur gros comme ça ! Parce que connaitre un mec qui fait partie de la confrérie du boulet c'est vachement classe, j'aimerais remercier Bastien, pour sa gentillesse et son humour. Un grand merci à Macha pour ton soutien jusqu'au bout et tous tes biiiizzzzzzz !! Merci Lucie pour m'avoir hébergée à Saumur, ce fut un plaisir de te retrouver…

Une grosse pensée pour ma blondinette, grosso mado, et comme dans les films je crois que felix il est taré, il a mis la télé à la consigne et il a bouffé le ticket… Blonde, merci énormément pour ton soutien sans faille depuis toutes ces années…Merci à ma Dédé pour avoir toujours été là pour m'aérer l'esprit et me rassurer (même jusqu'en Corrèze !). Une tite pensée pour Frici et Anne, pour votre soutien.

Une tite pensée pour tous ceux qui ont joué un jour à la gamelle à la durbelière et qui m'ont soutenue depuis… ! Merci Ptit biloute, Sarah, Cam, Vitch (et baptiste), Oliv', Pauline (et les deux fèves !), Elo, Monsieur et madame patoune, et mon petit abricot.

Un énooorrrmmmmee merci à Emilie, Ant, Macha, Noé, Agnès, Dam et Lili pour votre soutien sans faille, jusqu'au bout. Merci les filles pour être là depuis…ouhhhh ! Merci lolo pour tes petits messages trop mignons, on profitera bientôt !Merci ma lulu, pour ton soutien jusqu'au bout, pour tes mots rassurants, pour ton jojo et son nouveau manteau. Merci ma juju, ma tata, ton tonton, merci pour être là, pour me soutenir et trouver les mots ou les accessoires dont j'ai besoin ! Les filles, franchement, merci d'être là…

Je souhaiterais remercier tous les petits chevaux que j'ai pu rencontrer, qui ont tous marqué plus ou moins ma vie, motivant ce travail. Une pensée pour Iris, Galilée, Capu, Omaël, Grosse Verrue, Kuli et tous les autres… Au passage, une tite pensée pour mes autres bêtes à poils ou a plumes, Beatnik, Rouston et Pinpin mais aussi la petite roro and co pour avoir égayé mes journées.

Un grand merci à toute la famille Hotte ! Pour votre soutien et vos encouragements ! Merci Christine pour ton coup de crayon magnifique, il m'a réchauffé l'esprit !!

Merci à ma famille, pour m'avoir soutenue jusqu'au bout. Merci Manée pour tous tes coups de fils et tes petites attentions, au quotidien. Merci Mamie lulu pour ton soutien. Merci Roger et Doris, les encouragements traversent bien l'atlantique. Merci le gaz', Emilie et Nino, pour vos encouragements. Merci le « kiki » pour tes petites attentions. A MC et JL, merci pour m'avoir appris à être « un gars qui n'en veut », tout en veillant sur mon envol…

Même si je te dis que tu es tendue, c'est que tu es tendue…y'a pas de tutututu…, tu m'as supporté, tu m'as soutenu à grand coup de « bec cognel, bec cognel, bec cognel » ou de « poooooooooo de c**** » ou parfois « y'a un chat dans … », Hoël, merci d'être là, tout simplement.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION GENERALE 6
   1. L'attention : caractérisation 8
      1.1. Caractérisation de l'attention chez l'homme 8
      1.2. Caractérisation de l'attention chez l'animal 27
   2. Facteurs de modulation de l'attention 40
      2.1 Facteurs intrinsèques et variabilité individuelle 40
      2.2 Facteurs extrinsèques 46
   3 Problématique et objectif de la recherche 50
      3.1 Problématique 50
      3.2 Choix du modèle animal 52
      3.3 Objectif de l'étude 59
2. METHODOLOGIE GENERALE 64
   1. L'espèce cheval 64
      1.1. Statut phylogénétique 64
      1.2. Evolution 64
      1.3. Répartition géographique 65
      1.4. « Umwelt » du cheval 66
      1.5. Capacités cognitives du cheval 70
      1.6. Caractéristiques comportementales de l'espèce en milieu naturel 72
      1.7. Le cheval en conditions domestiques 77
   2. Méthodes 83
      2.1 Animaux et sites d'étude 83
      2.2 Méthodes de travail 90
      2.3 Considérations statistiques 95
3. CARACTERISATION DE L'ATTENTION 100
   Introduction 100
      Synthèse de l'article 1 123
      How domestic horses (Equus caballus) pay attention? Characterization of visual attention 124
      Synthèse de l'article 2 137
      Visual attention test in domestic horses (Equus caballus): What's predicted in others contexts? 138
      Synthèse de l'article 3 151
      How do domestic horses (Equus caballus) pay attention towards auditory stimuli? 152
   Discussion 162

Conclusion ... 172
4. CONDITIONS DE VIE, BIEN-ETRE & ATTENTION ... 176
Introduction ... 176
Synthèse de l'article 4 ... 187
Impact of life conditions on horses' attentional characteristics ... 188
Synthèse de l'article 5 ... 201
Investigating attentional processes in depression-like domestic horses, (Equus caballus). ... 202
Discussion ... 214
Conclusion ... 222
5. ATTENTION & TRAVAIL ... 226
Introduction ... 226
Synthèse de l'article 6 ... 235
An experimental test to predict attention at work in domestic horses (Equus caballus) ... 236
Synthèse de l'article 7 ... 247
Predicting distractibility at work: a study in domestic horses (Equus caballus) ... 248
Synthèse de l'article 8 ... 257
Attention and performance in sport horses: The impact of different factors ... 258
Discussion ... 270
Conclusion ... 275
6. IMPACT DES ACTIONS DE L'HOMME ... 280
Introduction ... 280
Synthèse de l'article 9 ... 287
Domestic horses' (Equus caballus) human-directed attention is promoted by positive reinforcement ... 288
Synthèse de l'article 10 ... 309
Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (Equus caballus) ... 310
Discussion ... 322
Conclusion ... 325
7. DISCUSSION GENERALE ... 329
1. Caractérisation de l'attention du cheval ... 332
2. Facteurs de modulation de l'attention du cheval ... 338
3. De nombreuses applications ... 344
4. Perspectives ... 348
BIBLIOGRAPHIE ... 352
ANNEXES ... 396

ANNEXE 1 397
A new ambulatory electroencephalography system for free moving horses. 397
ANNEXE 2 415
Impact du type de renforcement lors du travail sur l'attention visuelle du cheval. 415
ANNEXE 3 421
Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique : liens avec un contexte de travail 421
ANNEXE 4 432
Questionnaire sur l'attention du cheval 432
ANNEXE 5 434
Bilan professionnel 434

Chapitre 1

Introduction



1. INTRODUCTION GENERALE

Même si l'attention est une fonction complexe, de nombreuses expressions du langage courant témoignent de la capacité qu'ont les humains à déplacer l'attention (« prêter attention à »), en moduler l'intensité (« relâcher son attention ») ou la contrôler (« détourner l'attention de») (Maquestiaux, 2013).

L'étymologie du mot « attention », vient du latin *attentio* dérivé d'*attendere*, qui signifie « tourner son esprit vers ». Historiquement, il est admis que les premières études psychologiques sur le sujet sont celles de Théodule Ribot (1889) et de William James (1890). Ribot (1889) a introduit une distinction entre ce qu'il nommait « attention spontanée (automatique) » et « attention volontaire (artificielle) ». Il définit l'attention comme étant « *un état intellectuel, exclusif ou prédominant, avec adaptation spontanée ou artificielle de l'individu* ». James (1890), quant à lui, définit l'attention comme *« la prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles [...]. Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres »*. Il attribue ainsi à ce processus un rôle sélectif qui aboutit à une amélioration du traitement de l'information.

Au cours de la même période, Darwin (1872) dans « *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux »* définissait l'attention en se basant sur les changements posturaux et comportementaux que ce soit chez l'homme : *« chez l'homme, l'attention qui précède l'étonnement, s'exprime par une légère élévation des sourcils »* ; ou chez l'animal : *« l'attention est exprimée par l'élévation de la tête, le redressement des oreilles (pour tout animal capable de mouvoir librement ses oreilles), le regard dirigé fixement sur l'objet ou le point qui la provoque »* (Fig. 1).



Figure 1 : *chien attentif vers un chat sur une table. D'après Darwin (1872).*

Aujourd'hui, l'attention continue d'être un sujet de grand intérêt de par son implication dans les situations quotidiennes, comme par exemple lors de l'écoute d'une conversation dans une pièce bruyante ou lors de la conduite d'une voiture (Smilek *et al.,* 2006). Smilek *et al.,* (2006) considèrent que les premiers travaux expérimentaux sur l'attention chez l'homme, comme ceux menés par Broadbent (1958), Cherry (1953), Neisser (1967), Posner (1978), et Treisman (1960) consistaient essentiellement à évaluer les mécanismes de traitement de l'information. L'attention y était définie comme un ensemble de processus ou une série d'étapes du traitement de l'information. Cette approche de **neuroscience cognitive** vise à comprendre les bases cérébrales des processus attentionnels (Posner, 2012). L'attention peut aussi être abordée sous l'angle de la **psychologie cognitive** (*i.e.* évaluation de la nature des processus et mécanismes cognitifs *via* des expérimentations ciblées), de la psychologie du développement (*i.e.* étude des changements au cours de l'ontogénèse), ou de la psychopathologie (*i.e.* étude des troubles de déficit de l'attention) (Maquestiaux, 2013). Chez l'animal, l'intérêt des études sur l'attention a été stimulé par le développement de modèles expérimentaux des processus attentionnels de l'homme (Carli *et al.*, 1983; Robbins, 2002; Muir, 1996; Steckler & Muir, 1996; Sarter & McGaughy, 1998; pour une revue: Bushnell, 1998). L'ensemble de ces approches utilise majoritairement des paradigmes expérimentaux, en conditions de laboratoire, qui permettent de mieux contrôler les stimuli et les comportements des sujets (Kingstone, 2003).

Chez l'homme comme chez l'animal, l'attention est par ailleurs impliquée dans le fonctionnement social, ce qui a suscité de nombreux travaux sous l'angle des **neurosciences cognitives sociales** , de la **psychologie sociale** (*i.e.* étude de la façon dont les pensées, les sentiments et les comportements des personnes sont influencés par la présence réelle, imaginaire ou implicite des autres ; Allport, 1959) ou de l'**éthologie** (*i.e.* étude du comportement des animaux, y compris l'Homme, ainsi que ses déterminants physiologiques, psychologiques et environnementaux, Guyomarc'h ,1976). Les travaux sur l'attention sociale ont par exemple exploré les processus en jeu et/ou les modalités d'expression de l'attention dans des contextes comme la communication inter- ou intra- spécifique, l'apprentissage social ou lors de tâches de compréhension des états mentaux d'autres individus (Povinelli & Eddy, 1996; Emery, 2000). Comme pour tout autre processus cognitif, les études réalisées portent aussi bien sur des évaluations de l'attention dans des contextes d'interaction « naturelle », que sur des approches expérimentales où il est demandé au sujet d'orienter son attention vers des stimuli « artificiels » (Frischen *et al.*, 2007).

Chez l'Homme les approches expérimentales ont largement prédominé même si les travaux en éthologie cognitive (*i.e.* évaluation des concepts cognitifs comme l'attention, l'apprentissage et la mémoire, dans un contexte « naturel » ou « spontané ») ont toutefois connu un essor dans les années 90 (Griffin, 1982; Kingstone, 2003; Kingstone *et al.,* 2005; Smilek *et al.,* 2006; Kingstone & Smilek, 2007). Chez l'animal, les approches éthologiques de l'attention ont surtout été promues par Tinbergen avec, en particulier, le concept de « recherche d'image » basé sur les processus d'attention sélective pour optimiser l'exploitation des ressources alimentaires chez l'oiseau (Tinbergen & Klomp, 1960; Dawkins, 1971; Zentall, 2005; Goto *et al.,* 2014).

Afin de développer nos objectifs, il paraît utile dans un premier temps de situer le contexte général de notre recherche en faisant un état des connaissances sur les définitions de l'attention issues des recherches en neuroscience et psychologie cognitive. Dans une seconde partie, nous détaillerons les différents mécanismes proximaux supposés moduler l'attention. Nous dresserons tout d'abord un bilan des facteurs intrinsèques (*i.e.* caractéristiques individuelles), pouvant potentiellement modifier l'expression de l'attention à l'échelle individuelle. Enfin, nous aborderons l'importance de prendre en compte les facteurs extrinsèques (*i.e.* caractéristiques environnementales), susceptibles d'altérer ou d'améliorer l'attention.

1. L'attention : caractérisation

1.1. *Caractérisation de l'attention chez l'homme*

1.1.1. Définitions : les différentes formes d'attention

L'attention est une **fonction cognitive** puisqu'elle participe à l'ensemble complexe du traitement de l'information. Elle permet de contrôler et de moduler la quasi-totalité des processus psychologiques en s'appuyant sur des représentations perceptives, conceptuelles ou motrices (Azouvi *et al.,* 2003). L'attention est aussi une **fonction exécutive** puisqu'elle participe à l'exécution d'une tâche ou d'un acte à travers la mise en œuvre, la poursuite, l'arrêt ou le passage d'une activité à une autre. Les fonctions exécutives sont impliquées dans le contrôle attentionnel par des mécanismes d'inhibition (*i.e.* blocage de stimuli distracteurs) et

par la flexibilité cognitive qui permet le déplacement de l'attention d'un objet à un autre (Chan *et al.,* 2008).

Aujourd'hui, l'attention peut-être définie comme un ensemble de processus cognitifs grâce auxquels le système nerveux appréhende et organise les stimulations sensorielles de son environnement. Elle permet de générer un comportement approprié face à une situation donnée (Bushnell, 1998). Les auteurs s'accordent donc sur l'existence de différentes formes d'attention, dont les plus communément identifiées sont :

- l'attention sélective *(capacité à se focaliser sur les stimuli pertinents à l'exécution d'une tâche, tout en ignorant des stimuli non pertinents),*
- l'attention divisée *(capacité à traiter simultanément plusieurs informations),*
- l'attention soutenue *(capacité à maintenir une même réponse comportementale pendant une activité continue et/ou répétée),*
- la flexibilité attentionnelle *(capacité à changer d'orientation de l'attention)* (Sohlberg & Mateer, 2001; Maquestiaux, 2013).

Goldstein & Goldstein (1990), ont proposé que chacune des formes d'attention sous-tende une fonction spécifique. Ainsi, ils ont considéré que l'attention remplissait au moins les fonctions suivantes : une fonction de sélectivité, de division, d'activation et de contrôle.

1.1.2. L'attention : aspects fonctionnels

1.1.2.1.La fonction de sélection

L'un des premiers rôles attribué à l'attention est la capacité à sélectionner une information pertinente parmi le flux d'informations présent dans l'environnement. Cette fonction permet au cerveau de ne traiter qu'une partie de toutes les stimulations qui arrivent simultanément : dans ce cas, on parle **d'attention sélective**. Le terme d'attention focalisée est employé par certains auteurs comme synonyme d'attention sélective (*e.g.* Nebel *et al.,* 2005), alors que d'autres distinguent l'attention focalisée (*i.e.* réponse à des stimuli discrets) de l'attention sélective (*i.e.* capacité à ignorer des stimuli non pertinents) (Sohlberg & Mateer, 2001). **Nous considèrerons ici l'attention sélective comme la capacité à sélectionner les stimuli pertinents de l'environnement, tout en ignorant les stimuli non pertinents.**

Le premier modèle présentant l'attention comme un « filtre » d'informations a été proposé par Broadbent, (1958). D'après celui-ci, le système nerveux fonctionnerait comme un canal de communication unique ne traitant qu'une seule information à la fois. L'attention aurait donc un rôle de régulation des informations perceptives qui consisterait à ne laisser passer que les informations utiles vers les étapes supérieures de traitement. **La sélection s'effectuerait ainsi à un stade précoce du traitement de l'information** et uniquement sur la base des caractéristiques physiques du stimulus (*i.e.* couleur) et non pas sur des caractéristiques sémantiques (*i.e.* nom) (Fig. 2-A). Ce modèle a été rapidement remis en question à la suite d'un ensemble d'expériences prouvant l'existence d'un traitement sémantique des items non attendus (Moray, 1959). En effet, lors d'une tâche d'écoute dichotique, les sujets pouvaient reconnaitre leur nom, même si celui-ci était présenté dans l'oreille à laquelle ils ne devaient pas prêter attention. Ceci contredisait donc l'idée d'un filtre opérant sur les seules caractéristiques physiques du message.

Quelques années plus tard, Deutsch et Deutsch, (1963) proposèrent que le filtre de l'attention agisse après le stade de l'analyse sémantique, donc plus tardivement que dans le modèle de Broadbent (1958). Ainsi, toutes les informations atteignant les organes sensoriels bénéficieraient d'analyses approfondies portant sur la sémantique (Fig. 2-B). Le **filtre sélectif tardif serait localisé au niveau du stade de sélection de la réponse**.

Treisman quant à elle, (1960, 1964, 1969) considère que le **filtre de l'attention opère de manière atténuée**. Ce modèle propose que le filtre ait une fonction modulatrice (Fig. 2-C). Il y aurait en fait un double filtre : le premier trierait les signaux sur la base de leurs caractéristiques physiques et le second permettrait de sélectionner les signaux les plus pertinents. Ces deux processus permettraient de rendre compte des résultats observés précédemment dans le cadre du paradigme de l'écoute dichotique en expliquant d'une part la détérioration des performances pour l'oreille inattentive (qui ne ferait pas l'objet d'un traitement très poussé) et d'autre part l'amélioration des performances pour l'oreille attentive (qui bénéficierait de toutes les ressources de traitement).

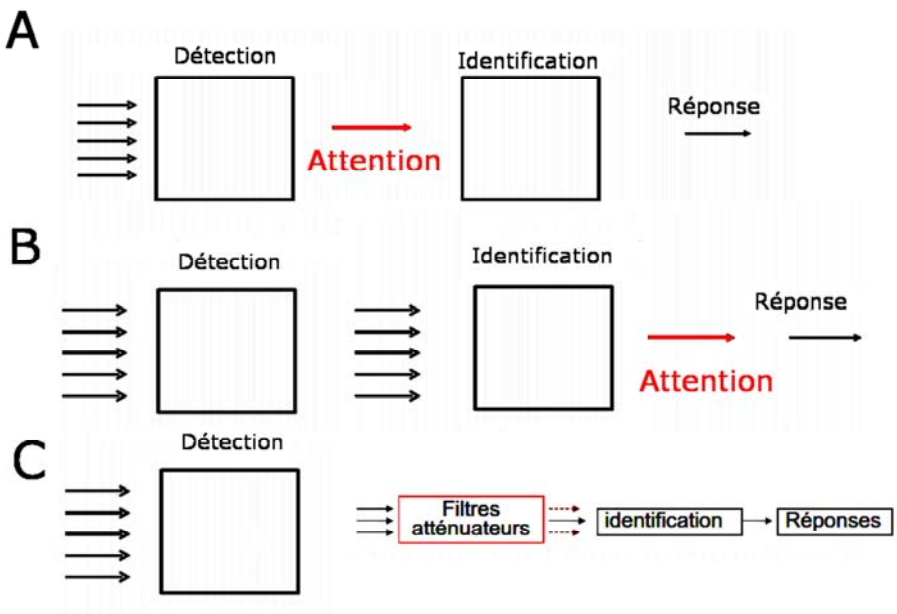


Figure 2. *Les modèles de l'attention sélective :* ***(A)*** *le modèle du filtre sélectif précoce de Broadbent (1958),* ***(B)*** *le modèle du filtre sélectif tardif (Deutsch & Deutsch, 1963),* ***(C)*** *le modèle de l'atténuation attentionnelle (Treisman, 1960).*

L'étude de l'attention sélective a souvent été effectuée à l'aide d'expériences mettant en jeu simultanément plusieurs sources d'informations. La contribution des travaux expérimentaux menés par Cherry (1953) avec le paradigme de « l'écoute dichotique » a permis de mieux appréhender cette capacité. Elle a inspiré *a posteriori* des modèles de filtre. Le paradigme de l'écoute dichotique consiste en une présentation de messages auditifs différents délivrés simultanément dans chaque oreille. L'utilisation d'un casque stéréophonique permet de s'assurer que le message délivré dans l'oreille droite ne parvient pas à l'oreille gauche et *vice versa*. Il est alors généralement demandé au sujet de focaliser son attention sur une oreille, il se trouve ainsi dans une situation dite d'attention sélective. En utilisant ce paradigme expérimental, Cherry (1953) a été le premier à illustrer l'effet « *cocktail party* ». Il correspond à la capacité à allouer l'attention vers un flux verbal (*e.g.* une conversation), dans une ambiance bruyante (*e.g.* cocktail), tout en traitant de façon approfondie des informations qui devraient être ignorées (*e.g.* le prénom de la personne écoutant la conversation). En utilisant ce paradigme d'écoute dichotique, Cherry (1953) a examiné deux questions : 1) la capacité à suivre un message tout en ignorant un autre message distinct ; 2) la nature ou la valence du souvenir du message ignoré.

Quelques années plus tôt, Stroop (1935), avait donné son nom à « l'effet Stroop ». Il s'agit ici d'un test où l'individu doit nommer la couleur de l'encre avec laquelle le nom d'une couleur est écrit, alors que cette couleur ne correspond pas à ce nom (Fig. 3). Dans cette

condition, le sens du nom de couleur à ignorer interfère avec l'objectif de nommer la couleur de l'encre. Cette interférence se manifeste par une augmentation significative du temps de réponse (Stroop, 1935). Cette étude atteste de la difficulté à ignorer un stimulus non pertinent lorsque celui-ci est habituel (*i.e.* lire un mot) et attendu (*i.e.* le mot).



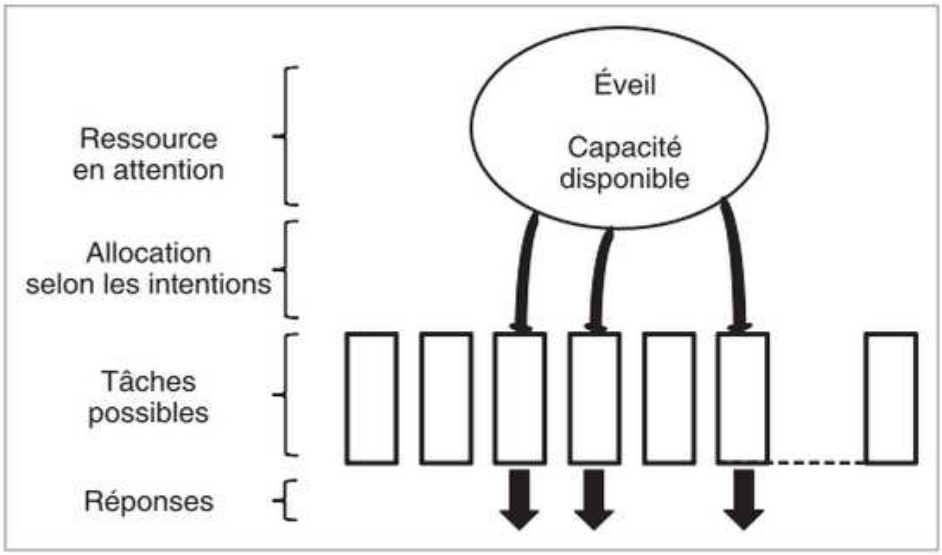
Figure 3 : *Illustration du paradigme développé par Stroop (1935)*

L'ensemble de ces travaux a permis de proposer que l'attention joue un rôle de filtre permettant d'opérer un tri des informations et donc de sélectionner une cible parmi les distracteurs présents simultanément dans l'environnement. La notion de filtre comme mécanisme de sélection attentionnelle implique l'existence d'un mécanisme d'inhibition des informations distractives (Maquestiaux, 2013).

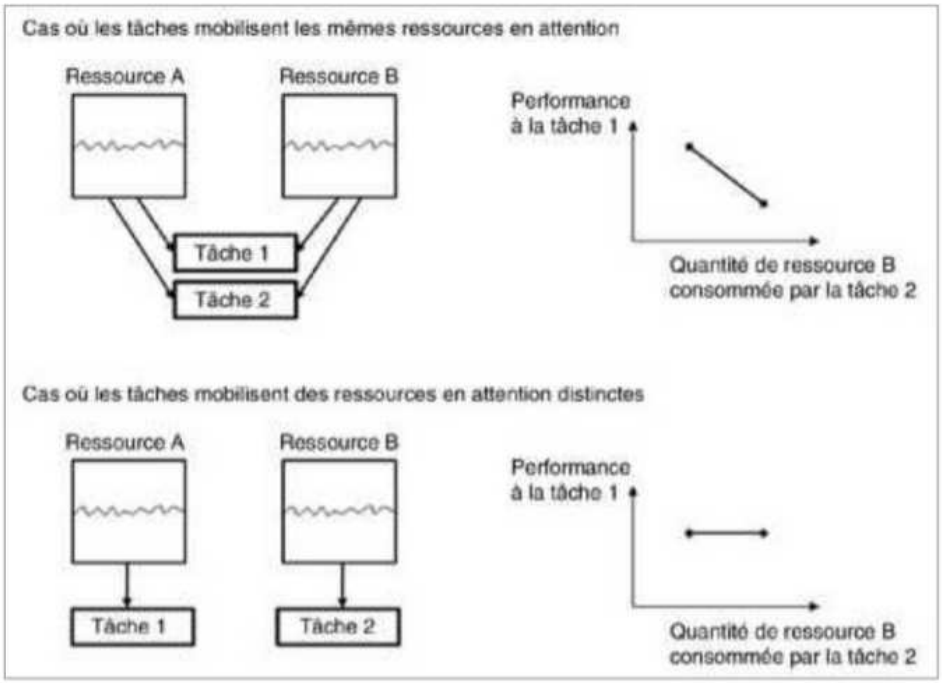
1.1.2.2.Fonction de division et notions de ressources attentionnelles

Dans leur vie quotidienne, les individus sont amenés à porter leur attention sur plusieurs stimuli survenant simultanément ou à faire plusieurs tâches en même temps (*e.g.* conduire une voiture en analysant les évènements sur la route et en écoutant une émission de radio). C'est précisément sur de telles questions que portent les études sur l'**attention divisée**, pour rendre compte de la manière dont le cerveau doit gérer la perception de plusieurs stimuli différents et la réalisation de plusieurs actions simultanées.

En 1973, Kahneman propose un modèle « à capacité limitée » selon lequel il n'existerait **qu'un seul réservoir de ressources attentionnelles** destinées à l'accomplissement d'une tâche (Fig. 4a). Ces ressources seraient disponibles en quantité limitée et devraient être partagées entre les différentes tâches en compétition. La quantité de ressources disponibles à un instant *t* serait dépendante du niveau d'éveil et différerait entre individus. L'allocation des ressources serait, d'une certaine manière, sous contrôle volontaire (Kahneman, 1973).



a) Proposition de la capacité attentionnelle partagée. Adaptation d'après Kahneman (1973)



b) Deux cas extrêmes illustrant l'influence d'une consommation accrue des ressources en attention par une tâche sur la performance de l'autre tâche selon que les deux tâches mobilisent ou non les mêmes ressources en attention. Adapté d'après Wickens (1984).

Figure 4 : *Représentation schématique de la fonction de division de l'attention et notions de ressources attentionnelles. a) Modèle de Kahneman (1973) ; b) Modèle de Wickens (1984). D'après Maquestiaux (2013).*

En 1984, Wickens introduit l'idée qu'il pourrait y avoir **plusieurs réservoirs de ressources.** Selon lui, les ressources d'un même réservoir pourraient être partagées entre plusieurs tâches et inversement une même tâche pourrait puiser dans des réservoirs différents dont le contenu serait toujours limité. Ce modèle permettrait d'expliquer pourquoi il est parfois possible de partager son attention entre plusieurs tâches sans forcément assister à une diminution importante des performances (Fig. 4b). En effet, il pourrait y avoir simplement une réorganisation de l'utilisation des ressources, plusieurs réservoirs qui travailleraient en parallèle. Cette théorie implique un système superviseur central qui gèrerait l'allocation de ces différentes ressources attentionnelles.

Un troisième modèle proposé par Navon & Miller, (1987) accorde une place centrale au contenu des informations en faisant l'hypothèse que plus **les contenus traités par différentes tâches sont différents**, plus la division de l'attention est facile et inversement (Navon & Miller, 1987).

Enfin, un quatrième modèle stipule que des limitations structurales – appelées filtres attentionnels ou plus communément **goulets d'étranglement** (*bottleneck*) – autorisent ou non la division de l'attention entre plusieurs tâches en fonction de leurs positions dans les étapes de traitement de l'information (Broadbent, 1958 ; Deutsch & Deutsch, 1963).

L'attention divisée est majoritairement évaluée *via* des paradigmes de double-tâche. Ils se définissent par la réalisation de deux tâches de manière simultanée (Navon & Gopher, 1979). Ces paradigmes ont été utilisés pour étudier l'impact de la limitation des ressources sur la performance. Cette limitation va se refléter par une dégradation de la performance qui se manifeste par l'allongement du temps de réaction et / ou l'augmentation du taux d'erreurs (Pashler, 1997; Schumacher *et al.,* 2001; Tombu & Jolicœur, 2002). Par exemple, les tâches peuvent viser à détecter, discriminer ou identifier une cible visuelle (*e.g.* une forme carrée rouge) qui peut être présentée dans plusieurs emplacements. Les mesures associées peuvent être le temps de réaction lors de tâche de détection de cibles ou les performances de précision lors de tâche de discrimination de cibles (Jans *et al.*, 2010). Ainsi, ce paradigme repose sur l'idée que deux tâches effectuées simultanément interfèrent si elles utilisent des mécanismes fonctionnels ou structurels similaires (Navon & Miller, 1987).

1.1.2.3.La fonction d'activation

La fonction d'activation de l'attention fait référence à l'état général de préparation qui permet au sujet de traiter et de répondre à une stimulation non déterminée de manière efficace (Mackworth, 1950 cité par Sarter *et al.,* 2001). Elle recouvre divers états qui sont l'alerte, la vigilance et l'attention soutenue.

L'état d'alerte d'un sujet correspond globalement à son état d'éveil (notamment « d'éveil cérébral ») (Sarter *et al.,* 2001). Deux types d'état d'alerte peuvent être distingués en fonction de la nature et de la durée de mobilisation de l'alerte : 1) **l'alerte phasique** (influencée par des stimuli externes) qui correspond à une préparation attentionnelle brève (*e.g.* celle du sprinter dans les starting-blocks) ; 2) **l'alerte tonique** (éveil général) qui permet une préparation attentionnelle pendant une plus longue période (*e.g*. lorsqu'un individu est arrêté au feu rouge et qu'il attend que celui-ci passe au vert) (Parasuraman, 1998). Le niveau d'activation pourra être plus élevé en alerte phasique qu'en alerte tonique mais sera maintenu moins longtemps (Parasuraman *et al.,* 1998).

Le terme de **vigilance** est employé lorsque la durée des tâches augmente. Il s'agit de la capacité à maintenir un niveau suffisant d'efficacité attentionnelle au cours de tâches monotones et de longue durée exigeant, par exemple, la détection d'événements qui se produisent rarement (Parasuraman *et al.,* 1998). La vigilance est souvent mesurée dans des tâches de détection au cours de desquelles le sujet doit percevoir et rapporter la présence ou l'absence d'un changement spécifié dans l'environnement (Oken *et al.,* 2006).

L'attention soutenue peut se définir comme la capacité à maintenir une concentration pendant une longue période de temps, lorsque le flux d'informations est constant et demande un traitement actif continu de la part du sujet (Sarter *et al.,* 2001).

Cependant, dans la littérature, il est commun de ne pas retrouver les mêmes définitions de l'alerte, de la vigilance et de l'attention soutenue. Le terme **d'éveil** (« *arousal* ») est souvent employé, et se recouvre avec la définition de l'alerte qui ne correspondrait finalement qu'à une activité cérébrale particulière (*e.g.* variations d'ondes cérébrales). Les variations de l'état de vigilance et de l'attention soutenue seraient, quant à elles, basées sur des performances comportementales (*e.g.* taux de détection des stimuli) (Sarter *et al.,* 2001). La vigilance et l'attention soutenue sont par ailleurs souvent regroupées sous le terme d'attention soutenue (Fisk & Schneider, 1981; Sarter *et al.,* 2001; Sohlberg & Mateer, 2001).

1.1.2.4.La fonction de contrôle

L'orientation de l'attention vers des stimuli environnementaux peut être plus ou moins contrôlée. En 1975, Posner & Snyder (cités par Posner, 2012) ont proposé pour la première fois une distinction entre processus **automatiques** et processus **contrôlés**. Selon leur modèle, les processus automatiques sont décrits comme rapides et sans intention. Ils fonctionnent en parallèle et ne demandent pas de ressources attentionnelles. Par contre, les processus contrôlés sont décrits comme lents et mis en œuvre seulement lors de situations nouvelles ou complexes. Ils sont séquentiels, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas être exécutés de manière simultanée et qu'ils consomment des ressources attentionnelles.

Dans la même lignée, au cours des années 1980, une autre distinction a été introduite essentiellement par Posner : celle des mécanismes **exogènes** et **endogènes** (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Ces deux mécanismes correspondraient à deux modes d'orientation de l'attention vers un stimulus. L'attention exogène mettrait en jeu des mécanismes de sélection du stimulus déclenchés par une stimulation sensorielle externe (*e.g.* bruit de l'environnement) et serait donc sous contrôle périphérique, de type « *bottom-up* ». L'attention endogène correspondrait à l'activation volontaire de la sélection de l'information pertinente par le sujet (*e.g.* attention vers les notes d'une musique) due à un contrôle cognitif descendant de type « *top-down* ».

Deux procédures « **d'indiçage spatial** » ont été utilisées pour mettre en évidence ces deux modes d'orientation attentionnelle (Fig. 5a) (Posner, 1980). Dans les deux cas, les participants doivent répondre le plus rapidement possible à la localisation droite ou gauche, d'un stimulus à l'aide de deux boutons de réponses latéralisés (*i.e.* l'un à droite et l'autre à gauche). La cible consiste en un stimulus lumineux qui apparait à gauche ou à droite d'un point de fixation centrale. Le stimulus « cible » est précédé par un indice indiquant le côté probable d'apparition de celui-ci. Cet indice peut intervenir de trois manières différentes : soit il est valide et indique donc le côté où la cible va apparaître ; soit il est invalide et indique le côté opposé de celui d'apparition de la cible ; soit il est neutre et ne fournit aucune information sur le côté d'apparition de la cible. En mesurant les temps de réaction, la précision des réponses et pour certaines études l'orientation du regard, cette procédure permet d'évaluer l'orientation de l'attention vers une cible.

Dans une tâche « d'indiçage spatial » mesurant l'orientation attentionnelle **exogène**, l'indice est périphérique (par exemple, un carré lumineux apparaissant à la place potentielle de la cible) (Fig. 5b). Des expérimentations ont montré que si le délai entre l'apparition de l'indice et de la cible est suffisamment court pour ne pas permettre une saccade oculaire, les résultats se traduisent par des temps de réaction plus courts en condition valide (les conditions invalide et neutre sont identiques). Les auteurs ont conclu que même sans mouvement oculaire, un stimulus pouvait bénéficier d'un traitement attentionnel permettant d'accélérer la détection. L'indice entrainerait donc une orientation préliminaire de l'attention (Posner, 2012).

Lors de la mise en jeu du processus d'orientation **endogène**, l'indice est une flèche centrale située au niveau du point de fixation (Fig. 5). Dans ce cas, les auteurs ont observé des temps de réaction plus courts avec un indice valide, qu'avec un indice neutre et qu'avec un indice invalide. Cela suggère l'existence d'un coût ou d'un bénéfice en fonction du type d'indice diffusé (Posner, 1980). L'orientation de l'attention diffèrerait en fonction « de la provenance » du stimulus : lors de processus impliquant une attention exogène, c'est le stimulus lumineux qui entraine l'orientation de l'attention du sujet ; lors de processus impliquant une attention endogène, c'est le sujet qui va intentionnellement diriger son attention (vers la direction de la flèche dans le cas d'un indice central) (Posner, 2012). Ces paradigmes mettent en évidence les variations d'orientation de l'attention qui peuvent être décrits comme « la capture de l'attention » ou la « flexibilité attentionnelle ».

a)



b)

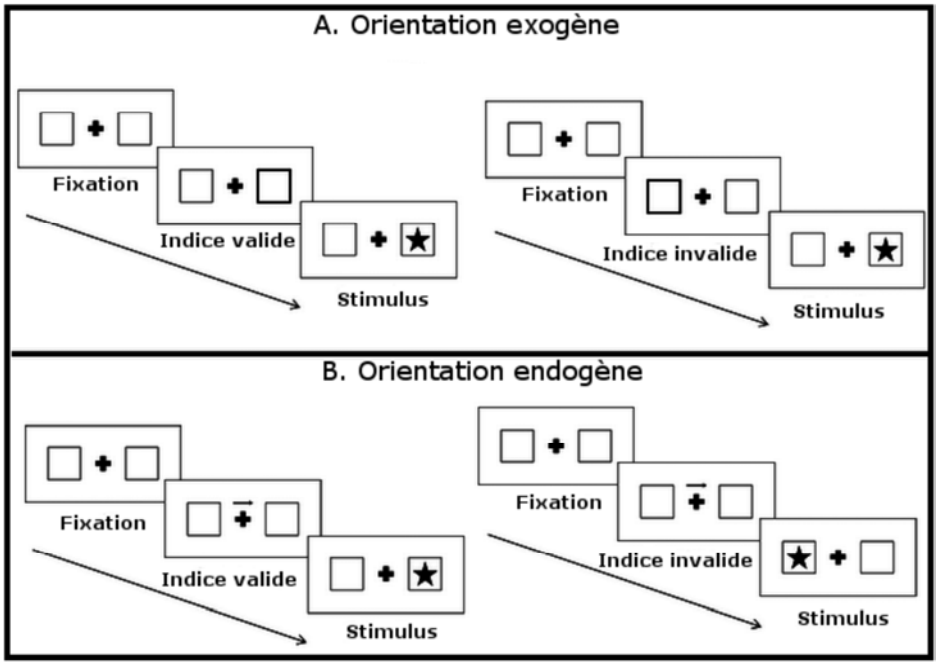


Figure 5 : *a) Illustration du paradigme de Posner (d'après Posner, 1980)*
b) Décours temporel du paradigme de l'orientation attentionnelle selon le type d'attention mesurée : (A) Indice périphérique et orientation exogène. (B) Indice central et orientation endogène.

1.1.2.5.Fonction de l'attention et performances cognitives

La cognition peut être définie par les mécanismes par lesquels un individu acquière, traite, stocke et agit sur des informations provenant de l'environnement (Shettleworth, 1998). En d'autres termes, la cognition correspond à tous les stades de traitement de l'information, depuis la réception de stimuli par les organes sensoriels jusqu'aux prises de décisions réalisées par le cerveau (Dukas, 2004). La mémoire, l'apprentissage et l'attention sont trois grands processus cognitifs étroitement liés (Bomba & Singhal, 2010).

Etre attentif à une tâche permet à l'individu d'améliorer ses **performances**. Un niveau d'attention élevé permet de favoriser la préparation d'un individu à s'orienter vers une source pertinente d'informations. Par exemple, l'attention sélective d'un élève vers le professeur lors d'un cours augmentera la probabilité **d'apprentissage** et donc de réussite (Krapp, 1999). Par ailleurs, plus l'intérêt (*i.e.* la volonté et la motivation pour un objet, un sujet, sur la base d'expériences passées (Krapp, 2002) pour la source d'informations ou la tâche à réaliser sera grand pour l'individu, plus celui-ci allouera un niveau d'attention important et plus les performances d'apprentissage seront améliorées (*i.e.* modèle de stratégie d'attention sélective, « SAS », Reynolds, 1992; Hidi, 1995). A l'inverse, être inattentif, nuit aux compétences d'apprentissage et peut être préjudiciable quant à la performance pour la tâche demandée (Kanfer & Ackerman, 1989; Randall *et al.,* 2014). Ce pattern peut être retrouvé dans certaines pathologies impliquant des troubles de l'attention, comme le trouble déficitaire de l'attention (TDA) avec ou sans hyperactivité (TDA/H) où 70% des enfants présentant un TDA présentent aussi des troubles de l'apprentissage, suggérant que les problèmes d'apprentissage et d'attention sont sur un continuum, sont interdépendants et coexistent (Mayes *et al.,* 2000).

Outre l'influence de l'attention sur les performances d'apprentissage, l'attention est impliquée lors de processus de mémoire de travail, de mémoire à court et à long termes (Cowan, 1997). **La mémoire de travail** est un espace mental à capacité limitée et ancré dans le moment présent. Elle permet le maintien actif et le traitement des informations dont les individus ont besoin lorsqu'ils pensent, réfléchissent et agissent (Maquestiaux, 2013). L'activité de maintien implique de contrôler le contenu des informations présentes à l'esprit, notamment en bloquant l'accès aux informations non pertinentes, engageant donc les processus attentionnels (Engle, 2002). **La mémoire à court terme** diffère de la mémoire de travail par le fait que les informations sont maintenues de façon passive (*i.e.* informations simplement mémorisées et restituées), alors qu'elles sont maintenues activement dans les processus de mémoire de travail (*i.e.* mémorisées et intégrées avec d'autres informations)

(Maquestiaux, 2013). Concernant **la mémoire à long terme**, il est commun dans la vie quotidienne d'utiliser les expériences passées, stockées sous forme de souvenirs, pour construire des attentes et des prévisions sur les événements intéressants ou pertinents de l'environnement (Summerfield *et al.,* 2006). L'attention aurait donc un rôle clef, tant dans la rétention de stimuli en mémoire, que dans leur récupération. Le stockage d'informations s'effectue automatiquement, mais le rappel du matériel stocké n'est possible que par la présence de l'attention à la fois au moment de l'encodage et au moment du rappel (Cowan, 1997).

1.1.2.6.Fonctions sociales de l'attention

Les travaux présentés précédemment ont donc visé à relier les étapes de traitement de l'information avec des processus spécifiques du cerveau en se basant sur des paradigmes utilisant des stimuli artificiels (*e.g.* apparition d'un carré rouge sur un écran). Or, l'attention est impliquée lors de la vie sociale : le regard des personnes véhicule de nombreuses informations sur leur état émotionnel, mental et sur la direction de leur attention (Frischen *et al.*, 2007).

Pour définir la socialité, Hinde (1979) propose une classification selon cinq niveaux de complexité croissante. Le point de départ étant l'individu, avec ses propres caractéristiques psychologiques, physiologiques, comportementales et ses expériences sociales passées. Le second niveau correspond aux interactions, définies comme étant une répétition limitée dans le temps de séquences comportementales, dans lesquelles un individu A émet un comportement X envers un individu B, celui-ci pouvant, ou non, y répondre par un comportement Y (Hinde, 1976). Le troisième niveau correspond à la relation définit comme le lien qui émerge progressivement d'une série d'interactions impliquant une même paire d'individus où le déroulement des interactions passées affecte le résultat des suivantes. Ainsi, la relation serait la première étape dite « sociale » *per se* et se baserait sur la mémoire des interactions passées, impliquant des processus attentionnels. L'organisation et la qualité de ces relations interindividuelles correspondent au quatrième niveau de complexité : le groupe. Enfin, la société serait l'entité supérieure, intégratrice des normes et rôles sociaux. Goffman (1961, 1963, cité par Conein, 1998) indique que l'interaction sociale se traduirait par une modification de la coprésence physique et donc des relations de proximité propres au face à face : orientation des corps, des visages et des regards qui manifestent un contact

attentionnel partagé. Chez l'homme, le contact attentionnel, traduit majoritairement par les regards, permet donc une communication et une synchronisation des interactions (Kleinke, 1986).

Emery (2000) propose une classification des regards dits « sociaux » (Fig. 6), impliqués dans les interactions dyadiques. Il souligne que le face à face n'est pas la seule configuration traduisant l'interaction. Il distingue *(a)* **le regard mutuel** : deux individus A et B dirigent leur attention l'un vers l'autre, de façon simultanée et réciproque et **le regard détourné**: l'individu A dirige son attention vers B tandis que le centre d'attention de ce dernier est ailleurs ; *(b)* **le regard suivi** : l'individu A détecte que le regard de B n'est pas dirigé vers lui, et en conséquence, A suit l'orientation du regard de B vers un point de l'espace ; *(c)* **l'attention visuelle conjointe** qui correspond à un regard suivi, accompagné d'un focus attentionnel, dirigé vers une cible concrète (*e.g.* un objet). Ce processus implique une coordination où autrui n'est plus la cible (dans le cas du regard mutuel), mais un point de passage vers une autre cible. L'objet de l'attention n'est plus le regard de l'autre mais la cible d'autrui ; *(d)* **l'attention partagée** : combinaison de l'attention mutuelle et d'attention conjointe où l'attention des individus A et B est orientée vers le même objet de manière conjointe (*i.e.* « je sais que tu regardes X et tu sais que je regarde X) ; (e) **Théorie de l'esprit** : combinaison des processus attentionnels de *(a)* à *(d)* accompagnés de stratégies cognitives d'ordre supérieur pour déterminer qu'un individu est attentif vers un stimulus donné parce qu'il a l'intention de faire quelque chose avec ou qu'il a une croyance/pensée particulière sur cet objet (Fig. 6).

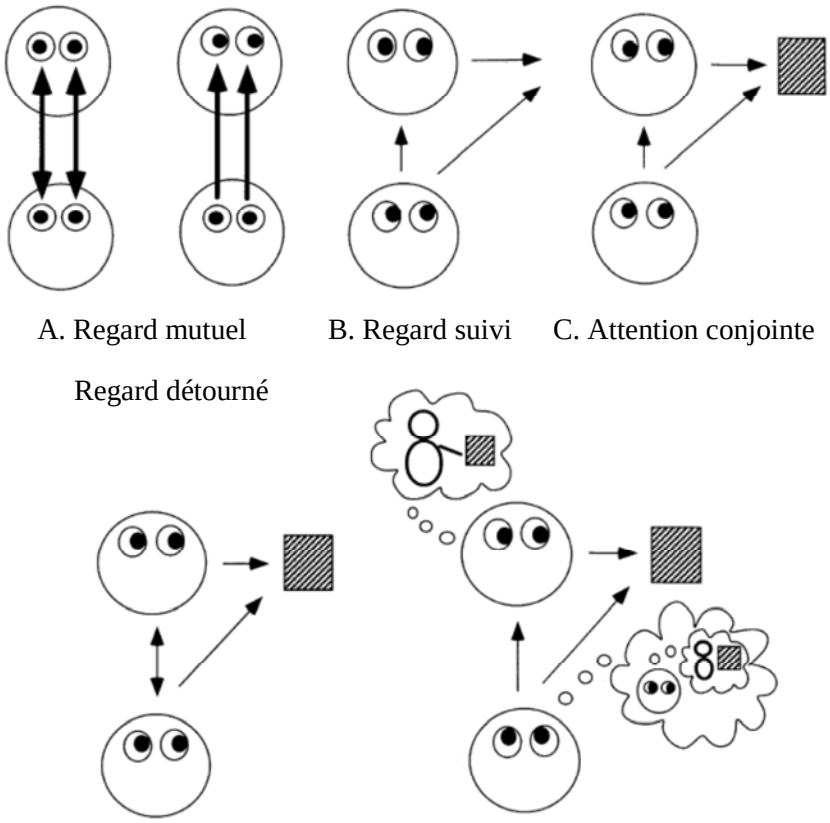


Figure 6: *L'orientation du regard fournit des indices sociaux qui peuvent être utilisés par l'individu pour avoir des informations sur son environnement externe (e.g. présence d'un autre individu, objet) et sur l'état interne d'autres individus (e.g. état émotionnel et intentionnel). A) Regard mutuel ; B) suivi de regard ; C) attention conjointe ; D) attention partagée ; E) Théorie de l'esprit. D'après Emery (2000).*

Dans ce contexte d'attention sociale, de nombreux travaux chez l'homme se sont penchés sur la **perception de la direction du regard** qu'un individu peut avoir, que ce soit lorsque le regard est dirigé vers lui (*i.e.* regard direct) ou vers une autre direction (*i.e.* regard détourné) (Baron-Cohen, 1995; Conty *et al.*, 2006, 2007; Jones *et al.*, 2006; Senju & Hasegawa, 2005; pour une revue: Frischen *et al.*, 2007). La plupart des travaux sont effectués en conditions expérimentales où des photos de visage ayant différentes orientations de regards peuvent être présentées aux sujets testés. Des mesures comportementales comme l'orientation du regard et des relevés EEG peuvent être réalisés (*e.g.* Conty *et al.*, 2007). Chez l'homme, ces travaux ont permis d'identifié une importante capacité à percevoir un contact visuel (*i.e.* être regardé) ce qui entraine un changement rapide d'orientation spatiale de l'attention de l'individu (Senju & Hasegawa, 2005). Lors d'une tâche de recherche visuelle, les regards

directs sont plus facilement détectés que les regards détournés, suggérant que l'attention est guidée ou capturée par les regards directs (Conty *et al.*, 2006). D'autres travaux ont visé à identifier comment des changements d'orientation de l'attention pouvaient survenir en réponse à l'observation de la direction d'un regard. Autrement dit, comment le **regard** peut être **un indice pour orienter l'attention** d'un individu vers un stimulus (physique ou social). Une adaptation du paradigme de Posner (1980) a pu être utilisée en remplaçant les indices visuels, par des visages ayant différentes orientations du regard (Fig. 7) (Friesen & Kingstone, 1998). Ces travaux ont montré que les temps de réaction diminuaient lorsque le regard des visages présentés prédisaient l'apparition du stimulus cible, suggérant que l'orientation du regard entraine un changement automatique d'attention visuelle (Driver *et al.*, 1999).

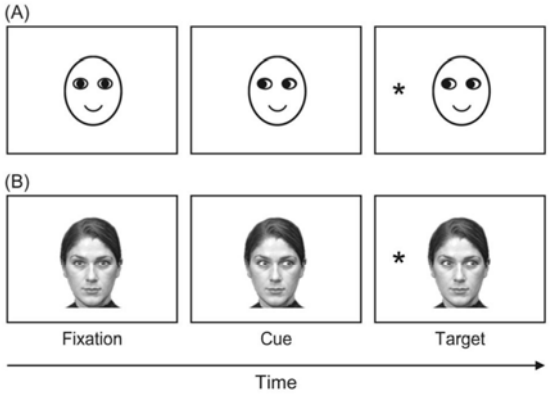


Figure 7 : *Adaptation du paradigme de Posner évaluant l'orientation de l'attention en fonction d'indices se basant sur l'orientation du regard d'un individu. (A) Représentation schématique ; (B) photos réelles de visages. D'après Frischen et al., (2007)*

1.1.3. Evaluations : les différentes mesures de l'attention

Pour évaluer l'attention lors des différents tests cités précédemment (*e.g.* test de Stroop, test d'écoute dichotique, test de Posner), la plupart des auteurs se basent sur des relevés d'ordre **temporel** (*e.g.* temps de réaction) et/ou de **performances** de précision (*e.g.* qualité de restitution d'un message auditif ; nombre d'appuis sur la touche correcte). Certaines études associent des critères **comportementaux** (*e.g.* orientation du regard).

Ces différents tests peuvent aussi être associés à des relevés **neurophysiologiques**. De nombreuses études utilisent les techniques d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), de tomographie par émissions de positrons (TEP) ou encore de relevés électro-encéphalographiques (EEG). Elles ont permis de rendre compte des substrats

neurobiologiques de certains mécanismes attentionnels (Fig. 8) (Posner, 2012). Il semble actuellement exister un consensus autour de trois systèmes attentionnels séparés anatomiquement et fonctionnellement : le système attentionnel postérieur (ou dorsal), le système attentionnel antérieur (ou ventral), et le système de vigilance (Posner & Petersen, 1990; Posner & Raichle, 1994; Posner, 2012; Corbetta & Shulman, 2002).

Le **réseau attentionnel postérieur** correspond au substrat neurobiologique des processus d'orientation de l'attention. Il comprend les lobules pariétaux, les colliculi supérieurs, les noyaux pulvinar, les sillons intra-pariétaux et certaines zones du cervelet. Certains auteurs ont montré des variations d'activité cérébrale en fonction du type d'attention mise en jeu (*i.e. endogène :* activation volontaire de l'attention; *exogène :* activation de l'attention déclenchée par une stimulation sensorielle externe, *cf* ci-dessus). Par exemple, ils ont observé une augmentation d'activité dans le lobe pariétal supérieur associée à l'orientation attentionnelle, qu'elle soit d'origine endogène ou exogène (Corbetta *et al.*, 1993).

Le **réseau attentionnel antérieur** correspond au substrat neurobiologique des processus d'attention sélective. Il comprend les aires du cortex préfrontal médian, tels que le cortex cingulaire antérieur et l'aire motrice supplémentaire (Posner & Petersen, 1990). Ces aires ont été mises en évidence lors de paradigmes de sélection de cibles comme pour le paradigme de Posner (Corbetta *et al.*, 1993).

Le **réseau de vigilance** est impliqué dans la fonction de vigilance. Il est composé de la jonction temporo-pariétale, du cortex pré-frontal dorsolatéral, du cortex insulaire ventral ainsi que du thalamus et du locus cœruleus (Posner & Petersen, 1990). L'activité de ce réseau a notamment été mise en évidence lors de tâches d'attention soutenue. Par exemple, lors de tâches dans lesquelles les sujets devaient attendre l'apparition de cibles peu fréquentes (Posner & Petersen, 1990). De plus, il apparait qu'une lésion du cortex préfrontal dorso-latéral entraîne un déficit de la capacité à maintenir un état d'alerte (Azouvi *et al.*, 2003).

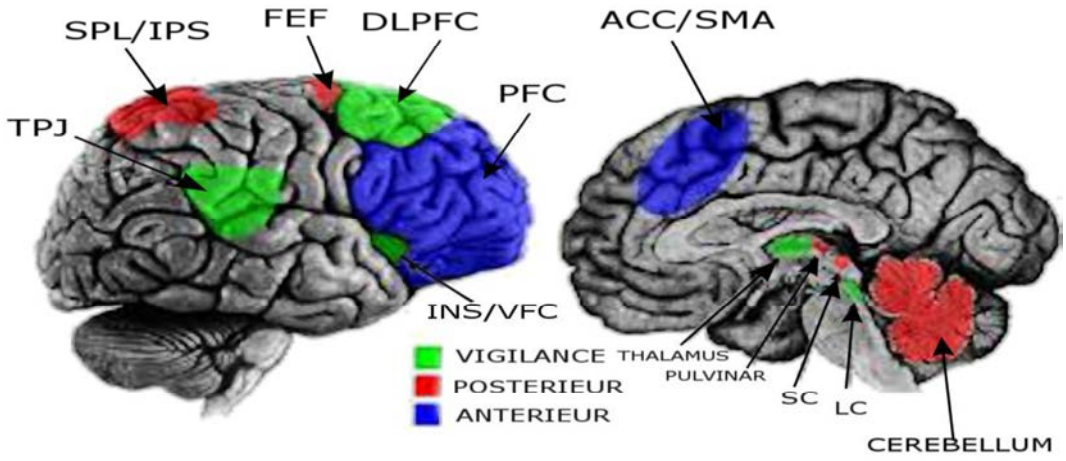


Figure 8: *Régions corticales et sous-corticales impliquées dans l'attention d'après Posner et al. (1990). Le réseau de la vigilance (en vert) est impliqué dans les régions fronto-pariétales latéralisées à droite, telles que la jonction temporo-pariétale (TPJ), le cortex préfrontal dorsolatéral (DLPFC) et le cortex frontal insulaire ventral (INS/VFC), ainsi que le thalamus et le locus coerulus (LC). Le réseau postérieur (en rouge) impliqué dans l'orientation attentionnelle comprend des zones bilatérales pariétales dorsales : le sillon intrapariétal (SPL/IPS), les aires oculaires frontales (FEF), les colliculi superieurs (SC), la region pulvinar et le cervelet (Cerebellum). Le réseau antérieur (en bleu) comprend le cortex préfrontal (PFC), le gyrus cingulaire antérieur (ACC) et l'aire motrice supplémentaire (SMA).*

La mise en évidence de substrats neurobiologiques impliqués lors de mécanismes attentionnels a pu être réalisée en partie *via* des relevés électro-encéphalographiques (EEG). L'EEG enregistre l'activité électrique d'une quantité importante de neurones corticaux par le biais d'électrodes placées sur le scalp (*i.e.* la peau sur la tête) et amplifiée généralement 10^6 fois. Le signal électrique à la base de l'EEG est la résultante de la sommation des potentiels post synaptiques d'excitation synchrones issus d'un grand nombre de neurones (à l'endroit où est placé l'électrode) (Nunez & Srinivasan, 2006). Lors d'un électro-encéphalogramme standard, différentes variations d'activité électrique peuvent être observées :

- Ondes delta (δ) dont la fréquence varie de 0,5 à 4 Hz et l'amplitude est grande mais très variable (peut atteindre 80 µV). Elles sont caractéristiques du sommeil lent profond.
- Ondes thêta (θ) dont la fréquence varie entre 4,5 et 8 Hz et d'amplitude de 50 µV. Elles sont observées principalement chez l'enfant, l'adolescent et le jeune adulte. Elles caractérisent également certains états de somnolence ainsi que lors de mémorisation d'informations.

- Ondes alpha (α) dont la fréquence varie de 8 à 12 Hz et l'amplitude de 25 à 50 µV. Elles caractérisent un état de repos et sont principalement émises lorsque le sujet a les yeux fermés, sans endormissement. Les ondes alpha disparaissent lorsque le sujet ouvre les yeux ou lors d'un effort attentionnel ou d'une réaction émotive.
- Ondes bêta (β) dont la fréquence varie de 13 à 30 Hz et l'amplitude de 5 à 10 µV. Elles apparaissent en période d'activité et lors du sommeil paradoxal.
- Ondes gamma (ɣ) dont la fréquence varie majoritairement de 25 à 40 Hz et sont impliquées dans la synchronisation neuronale, lors de tâches attentionnelles, d'apprentissage et de mémorisation.

Les variations d'activité électrique peuvent donc être un indicateur du niveau d'éveil (« *arousal* ») et d'attention dans lequel se trouve un individu donné. Plusieurs études ont montré une augmentation de la fréquence d'activité électrique (*e.g.* ondes gamma >30 Hz) lors de tâches d'attention sélective chez l'homme (Ray *et al.*, 2008; Rodriguez *et al.*, 1999; Tallon-Baudry *et al.*, 2005). Ces variations d'activité peuvent aussi permettre d'identifier les zones cérébrales actives (Corbetta & Shulman, 2002).

Outre les variations neurophysiologiques, des variations physiologiques périphériques comme le **rythme cardiaque**, le **rythme respiratoire**, **l'activité musculaire** ou encore la **réponse électrodermale** ont pu être identifiées lors de paradigmes mobilisant différentes formes et niveaux d'attention (Chang & Huang, 2012). Par exemple, lors d'une tâche d'attention soutenue qui consiste à observer l'apparition de signaux discrets au cours de longue période de temps, le maintien d'une attention soutenue était couplée à : 1) une forte baisse du rythme cardiaque associée à une réduction marquée de la variabilité de ce rythme cardiaque, 2) une baisse du rythme respiratoire, 3) une inhibition de l'activité musculaire (Von Hover, 2007). L'activité électrodermale (ou conductance cutanée) est fréquemment utilisée comme mesure indirecte de l'attention (Critchley *et al.*, 2000). Par exemple, Frith & Allen, (1983) ont constaté une augmentation de la conductance cutanée au moment de la diffusion de stimuli auditifs lors d'une tâche de vigilance.

1.2. ***Caractérisation de l'attention chez l'animal***

Nous aborderons ici les caractéristiques attentionnelles, chez l'animal, dans ses conditions de vie habituelles ou dans des conditions expérimentales qui modélisent des processus pouvant être retrouvés en situation spontanée. La caractérisation de l'attention *via* des modèles animaux de processus attentionnels chez l'homme sera également évoquée mais seulement développée dans le chapitre 3.

1.2.1. Définitions : différentes formes d'attention

Chez l'animal, le terme « **attention** » peut être caractérisé par les comportements « **d'exploration »** définis comme la réaction de l'animal vers un stimulus nouveau pouvant lui fournir des informations sur ce stimulus. L'animal examine généralement le stimulus nouveau visuellement et/ou olfactivement (Dingemanse *et al.,* 2002). L'attention peut aussi correspondre aux comportements « **d'observation »** qui peuvent être définis par une immobilité, une posture de tête moyennement relevée, associée à un balayage du regard et à l'ensemble du corps détendu. Le terme « **vigilance** » peut être défini par une immobilité, une posture de tête élevée, une mobilisation de tous les organes sensoriels vers le stimulus et une tension de l'ensemble du corps (Pulliam, 1973; Mcfarland, 2006). Ce comportement est retrouvé chez beaucoup d'espèces (*e.g. babouins*: Alberts, 1994; *impala*: Hunter & Skinner, 1998; *cheval*: Austin & Rogers, 2012 ; *renard*: Wikenros *et al.,* 2014; *hirondelle:* Roche & Brown, 2013). Il est généralement associé à un niveau émotionnel plus élevé que l'observation (Kiley Worthington, 1976; Waring, 2003; Wolff *et al.,* 1997). Le terme « **alerte »** peut aussi être synonyme de vigilance (Mason *et al.,* 2013; Weathers *et al.,* 1984; Hunter & Skinner, 1998). La vigilance/l'alerte se distingue chez certaines espèces d'un état « **d'alarme »** correspondant à une augmentation de la vigilance sous tendue par la peur d'un stimulus environnemental (*e.g.* un prédateur). Il implique donc un niveau émotionnel plus élevé (Partan *et al.,* 2009). L'état d'alarme implique généralement une locomotion, une posture très relevée où tout le corps apparait tendu (Waring, 2003). Les patterns attentionnels peuvent donc différer en fonction des définitions qui leurs sont attribués. Cependant, un gradient émotionnel apparait sous-tendre ces différents patterns (Fig. 9). Ce gradient sera traduit par des composantes locomotrices et posturales, propre à chaque espèce. Par exemple,

les espèces ayant les oreilles mobiles pourront adopter des postures d'oreilles variables en fonction de leur « niveau » d'attention.

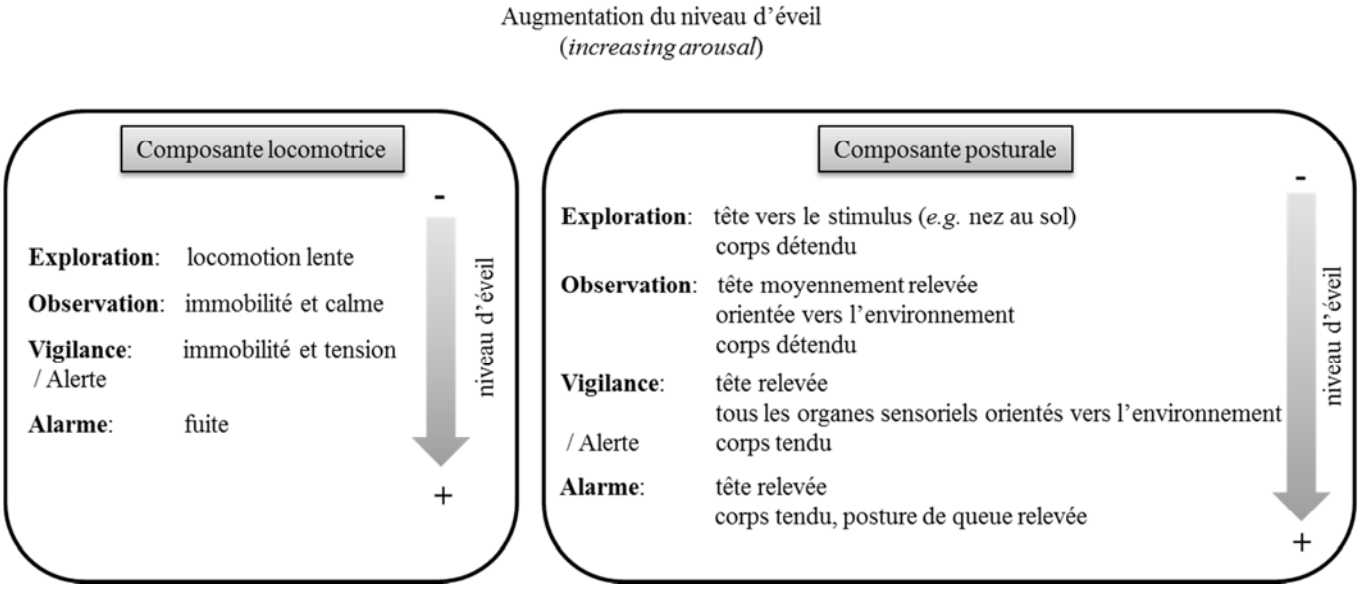


Figure 9 : *Augmentation du niveau d'attention sous-tendu par un gradient émotionnel, se traduisant par des variations locomotrices et posturales. Inspiré de Wolff et al., 1997.*

1.2.2. L'attention en contexte expérimental : modèles animaux

Afin de relier les processus attentionnels identifiés chez l'homme et leurs substrats neurobiologiques, de nombreuses études ont visé à identifier des modèles animaux des processus attentionnels chez l'homme (Carli *et al.*, 1983; Robbins, 2002; Muir, 1996; Steckler & Muir, 1996; Sarter & McGaughy, 1998; pour une revue: Bushnell, 1998). Dans ce contexte, l'évaluation de l'attention sélective chez l'animal se base principalement sur des mesures des capacités à différencier des stimuli préalablement associés à des renforcements positifs (*i.e.* évènement qui entraîne une augmentation de la probabilité d'émission d'une réponse : une récompense alimentaire, par exemple) ou en évaluant la capacité de contrôle du comportement des animaux par un stimulus préalablement conditionné (Bushnell, 1998). Lors de l'utilisation de conditionnement opérant, certaines études ont visé à évaluer les capacités de discrimination des animaux entre des caractéristiques pouvant être communes à des items visuels. Par exemple, lors d'une tâche de « **correspondance des items** » (« *match to sample task* »), Maki & Leith, (1973) ont entrainé des pigeons à discriminer soit l'orientation des lignes (*i.e.* verticales *vs* horizontales), soit leurs couleurs (*i.e.* rouge *vs* vert), soit les deux

caractéristiques (*i.e.* lignes et couleurs) lors de la présentation d'items visuels. Dans ce paradigme, un stimulus cible (par exemple un item rouge) est présenté au milieu d'un écran. Après un temps déterminé, le stimulus cible devient noir et deux stimuli (par exemple, un rouge et un vert) apparaissent des deux côtés du stimulus cible. Une réponse correcte (*matching*) correspond à un coup de bec sur le stimulus similaire au stimulus cible (dans notre cas le rouge) et est récompensée par un court accès à la nourriture (*cf* **chapitre 3**). Par la suite les stimuli cibles « complexes » (comprenant des lignes et des couleurs) peuvent être présentés. Les animaux doivent les associer à des stimuli comprenant seulement des lignes ou seulement une couleur. Les auteurs ont constaté que le nombre d'erreur était plus important lors des essais ou la cible comprenait des éléments de forme et de couleur (Maki & Leith, 1973; Leith & Maki, 1975). Les auteurs proposent donc que les individus testés vont se focaliser sur une caractéristique du stimulus cible ou vont diviser leur capacité attentionnelle entre les deux caractéristiques (ligne et couleur). Ce paradigme est donc employé pour évaluer **l'attention sélective mais aussi l'attention divisée** chez l'animal (Zentall, 2005).

L'attention soutenue a aussi été évaluée chez l'animal *via* l'utilisation de conditionnement opérant. McGaughy & Sarter (1995) ont développé une tâche où des rongeurs doivent répondre à l'apparition de signaux visuels présentés pendant 25, 50 ou 500 millisecondes en actionnant le levier gauche d'une boite de Skinner afin d'obtenir une récompense alimentaire. Pour mesurer l'attention soutenue, le nombre de réponses correctes ainsi que le temps de réaction ont été relevés pendant 162 essais. Les auteurs ont constaté que plus les signaux sont présentés rapidement (*e.g.* 25 ms *vs* 500 ms), plus le nombre d'erreur est important. La diffusion de distracteurs visuels (*e.g.* clignotement de la lumière de la boite de Skinner) entraine aussi de moins bonnes performances pour distinguer les signaux cibles des signaux non pertinents.

L'utilisation de conditionnements peut ainsi permettre des mesures attentionnelles en conditions contrôlées chez l'animal. Cependant, cette approche ne reflète pas l'attention que pourrait avoir les individus dans des contextes spontanés.

1.2.3. L'attention en contexte spontané : aspects fonctionnels

1.2.3.1. Utilisation de l'espace

Au cours de sa vie, l'animal va sélectionner et apprendre à **localiser les lieux** qui lui sont fonctionnels puis construire un système d'orientation relatif aux trajets qui les relient (Campan & Scapini, 2002). Les trajets peuvent correspondre à des déplacements dans des lieux familiers, par exemple lors de phénomènes de stockage (*hoarding*) où les animaux cachent des réserves alimentaires et arrivent à reconnaitre les lieux de caches. Ce phénomène implique des processus attentionnels et mnésiques élevés (*e.g.* mésanges : Sherry & Duff, 1996; corvidés : Shettleworth, 1990). Les déplacements peuvent aussi viser à rejoindre des lieux familiers, c'est le cas par exemple de la guêpe fouisseuse (*Philanthus triangulum*). Celle-ci creuse un terrier dans un site précis qu'elle doit retrouver à plusieurs reprises afin d'alimenter ses larves. La reconnaissance du site est basée sur des repères spatiaux impliquant des processus attentionnels et une mémorisation de ces repères (Tinbergen, 1951). Enfin, les trajets peuvent être à plus grande échelle, comme lors de grandes migrations impliquant une orientation se basant sur une grande variété d'informations environnementales (*e.g.* particularité de l'environnement, le soleil, les étoiles) (Grocott, 2003). En fonction de l'Umwelt (*i.e.* monde sensoriel propre à chaque espèce, Von Uexküll, 1965), l'animal pourra percevoir des stimulations sensorielles de différentes modalités impliquant la sélection d'informations pertinentes *via* des processus attentionnels (*e.g.* modalité visuelle : de l'ultra-violet à l'infra-rouge ; modalité olfactive: *e.g.* phéromones ; modalité auditive : des ultrasons aux infrasons ; champ magnétique) (Real, 1992).

1.2.3.2. Exploitation des ressources

Quand un animal récolte sa nourriture, il doit prendre un certain nombre de décisions concernant le choix du lieu de chasse, la localisation de la nourriture, le choix du type de proies… etc. (Campan & Scapini, 2002). La détection de la nourriture peut, dans certains, cas être indirecte et passer par **l'attention** portée aux **congénères** ayant déjà trouvé une ressource alimentaire. Par exemple, les vautours (*Necrosyrtes monachus*) et les corbeaux (*Corvus corax*), qui sont des charognards, vont se diriger vers leurs congénères après avoir observé les mouvements de ces derniers lorsqu'ils ont trouvé une ressource alimentaire (Heinrich, 1988). La détection de nourriture peut dans d'autres cas être directe et impliquer des processus **d'attention sélective**. Certains items alimentaires peuvent être cryptiques (*i.e.* difficile à

détecter). Les animaux doivent alors apprendre à détecter leurs cibles alimentaires en se formant une représentation de leur cible (Pietrewicz & Kamil, 1979) ou en sélectionnant certains aspects de ces cibles pour permettre une détection plus rapide et ainsi se nourrir plus efficacement (Dawkins, 1971; Langley, 1996). Ce phénomène est appelé la « **recherche d'images** ». Par exemple, Tinbergen (1960) a compté le nombre de proies différentes parmi les insectes et les larves que des oiseaux adultes ramènent au nid pour les oisillons. Les oiseaux ont une « sur-sélection » des proies les plus fréquentes. Tinbergen a estimé que cette sélection a eu lieu parce que les rencontres avec les proies les plus communes ont établi une recherche d'image chez les oiseaux qui a facilité par la suite la recherche de cette proie plutôt qu'une autre. Ainsi, l'image apparait agir comme un filtre améliorant la détection des proies les plus fréquentes impliquant des processus d'attention sélective (Zentall, 2005). Ce paradigme de « recherche d'image » a par ailleurs été modélisé en conditions expérimentales, en observant des pigeons (*Colomba livia*) exprimant une recherche de graines dans des environnements offrant différents niveaux de crypticité ou en observant des geais bleus (*Cyanocitta cristata)* cherchant des photographies de papillons placées sur des troncs d'arbre dont le niveau de crypticité variait (Pietrewicz & Kamil, 1979). L'implication de processus attentionnels lors de ces paradigmes a été confirmée par Blough & Lacourse (1994). Ils ont mis en évidence une diminution du temps de réaction des pigeons vers les stimuli cibles lorsque la présentation de ces stimuli était préalablement répétée et prédictive, entrainant une attention sélective vers ces stimuli cibles (Blough & Lacourse, 1994).

Les animaux peuvent aussi être confrontés à un compromis entre alimentation et risque de prédation. Généralement, si le risque de prédation est important, le fourragement sera redirigé vers un lieu protégé même si l'aliment y est peu abondant et inversement (*e.g.* Krebs, 1971). Un exemple récent en laboratoire a illustré ce compromis entre alimentation et prédation chez le bourdon terrestre (*Bombus terrestris*) en modélisant la recherche d'une fleur pour se nourrir et la recherche d'une araignée prédatrice à éviter (Wang *et al.,* 2013). Les résultats ont montré que les individus testés ont la capacité à **diviser leur attention** entre deux tâches de recherche visuelle et évitent ainsi les araignées tout en recherchant leur nourriture (Wang *et al.,* 2013).

1.2.3.3. Stratégie anti-prédateurs

A la vue d'un prédateur, certaines espèces adopteront un comportement de vigilance (Lima & Dill, 1990; Quenette, 1990; Caro, 2005). La durée de vigilance varie selon différents facteurs tels que l'exposition plus ou moins grande aux prédateurs, la position de l'individu dans le groupe, la taille du groupe et l'âge de l'individu (Caro, 2005). Certaines espèces caractérisées comme très vigilantes (*e.g.* espèces « proies ») peuvent-être plus enclins à régulièrement modifier leur direction de regards plutôt que de regarder une zone ou un objet pendant de longues périodes (Emery, 2000). Par exemple, Yorzinski & Platt, (2014) ont exposé des paons (*Pavo cristatus*) à des modèles de prédateurs, tandis que la direction de leurs regards était enregistrée en continu *via* un système d'eye-tracking. Les auteurs ont constaté d'une part que les paons passaient plus de temps à regarder de manière « saccadée » (*i.e.* plusieurs séquences de regard) vers l'endroit d'apparition du prédateur et ce, même après sa disparition. D'autre part, la taille de la pupille des animaux avait augmenté lors de la présentation du prédateur, suggérant une augmentation de l'état d'éveil (Yorzinski & Platt, 2014).

1.2.3.4. Reproduction

Au moment de décider de s'accoupler et avec qui s'accoupler, les animaux peuvent se baser sur des informations de différentes modalités (Dall *et al.*, 2005). Chez certaines espèces, il est connu que les mâles exhibant les ornements les plus marqués présentent des avantages du point de vue du succès reproducteur. Par exemple, chez certaines espèces d'oiseaux, le choix des femelles sera plus fréquent pour des mâles dont la queue est longue (Andersson, 1982). De même chez l'épinoche, (*Gasterosteus aculeatus*), plus le mâle est coloré, plus il est attractif (Milinski & Bakker, 1990). Certains auteurs suggèrent que les femelles présenteront une « attention détaillée » (*i.e.* attention sélective) vers un indice particulier qui peut signaler la qualité du mâle (Moller & Pomiankowski, 1993; Iwasa & Pomiankowski, 1995).

1.2.3.5. Attention et vie sociale

Vivre en groupe social nécessite non seulement d'être attentif aux autres membres du groupe, mais aussi à leurs comportements et leurs actions (Scheid *et al.*, 2007). L'attention vers les autres et leurs actions est un prérequis pour toute forme d'ajustement comportemental

lors de coopération, de compétition, de communication, d'apprentissage ou de simple fonctionnement social quotidien (Range & Huber, 2007).

Dès les premiers moments de vie, un individu est soumis à diverses stimulations sensorielles. Chez certaines espèces une **période « critique » ou « sensible »,** a été proposée pendant laquelle les évènements et les stimulations perçus par l'animal peuvent influencer fortement l'expression et le développement de certaines caractéristiques comportementales à court et à long termes (*e.g.* Lorenz, 1935). Ainsi, le phénomène « d'empreinte » est défini comme le processus de développement par lequel le comportement d'un jeune animal se restreint vers le premier « objet » avec lequel il interagit (Campan & Scapini, 2002). Par exemple, les travaux pionniers de Lorenz (1935) ont montré que des oisons (*Anser anser*), après éclosion, suivent le premier objet mobile qu'ils voient (*i.e.* un Homme ou leur mère). On peut donc supposer que ce phénomène d'empreinte nécessite des processus attentionnels impliquant la perception de stimulations de différentes modalités (*e.g.* visuelle, olfactive).

Les **influences sociales**, à une période sensible de l'individu, sont médiées par des **processus attentionnels** (Posner & Rothbart, 1998). Chez les oscines, les interactions avec un modèle adulte peuvent permettre de lever des inhibitions, comme par exemple le fait de pouvoir apprendre un chant au-delà de la période sensible d'apprentissage *(e.g.* Bruant *(Zonotrichia leucophrys*) Baptista & Petrinovich, 1986) voire de réaliser des apprentissages exceptionnels (*e.g.* Perroquet (*Psittacus erithacus),* Pepperberg, 1985). A l'inverse, l'absence de modèle social adulte chez de jeunes étourneaux (*Sturnus vulgaris*) entraine un déficit d'attention sociale allant jusqu'à induire une perturbation du développement de l'aire auditive primaire (Poirier *et al.,* 2004; Cousillas *et al.,* 2006, 2008).

Au cours de la vie d'individus sociaux, l'attention visuelle fera partie intégrante de la vie sociale. Des regards mutuels prolongés chez les primates ont longtemps été considérés comme un indicateur de menace (Marler, 1965), alors que d'autres études ont montré que ces regards mutuels peuvent prédire des interactions positives (Weigel, 1979; Bard *et al.,* 2005). Généralement, les regards mutuels chez les primates dépendent des relations entre les individus (Chance, 1967; Chance & Jolly, 1970). Par exemple, les affinités individuelles (*i.e.* existence de liens sociaux positifs entre individus, se traduisant par une proximité spatiale, des contacts, des toilettages mutuels, Cords, 1997; Silk *et al.*, 2006) entrainent une augmentation des suivis de regard chez les bonobos (*Pan paniscus*), les chimpanzés (*Pan troglodytes*) et les

macaques noirs (*Macaca nigra*) (Hare *et al.*, 2007; Rosati & Hare, 2009; Micheletta & Waller, 2012).

L'attention visuelle peut dépendre des caractéristiques individuelles telles que l'âge ou le statut social de l'individu initiateur du regard (Caine & Marra, 1988; Gariepy & Strayer, 1983) ou de caractéristiques propres à l'espèce telle que l'organisation sociale (Torres de Assumpção & Deag, 1979). Par exemple, Blois-Heulin, (1999) a comparé l'expression de regards mutuels et le suivi du regard chez deux espèces de mangabeys : les mangabeys à collier (*Cercocebus torquatus torquatus*) et les mangabeys à joues grises (*Cercocebus albigena albigena*). L'auteur a défini plusieurs types de regards sociaux :

- les « **scans** » définis par une série de fixations visuelles rapides associées à un mouvement continu de la tête et d'une durée minimum une seconde.
- Les **coups d'œil** définis par une fixation visuelle, d'une durée maximum de 0,5 secondes et souvent associés à des mouvements de tête.
- Les **regards** définis par une fixation visuelle régulière d'un autre individu pendant au moins une seconde.
- Les **suivis de regard** définis par une fixation visuelle maintenue sur un individu pendant au moins plus d'une seconde.

Dans cette étude, les mangabeys à collier exprimaient plus de regards alors que les mangabeys à joues grises effectuaient plus de coups d'œil. L'auteur a proposé que cette différence dépende de l'organisation sociale des groupes. Des différences interindividuelles d'attention sociale sont aussi apparues dans cette étude. Chez les mangabeys à collier, les jeunes femelles, occupant un rang inférieur dans la hiérarchie, exprimaient plus de coups d'œil. Les auteurs ont suggéré que ces individus pouvaient ainsi « surveiller » rapidement et fréquemment les comportements et la position des individus dominants du groupe pour ajuster leurs propres comportements et leurs positions. L'organisation sociale et le **statut hiérarchique** au sein d'un groupe social peuvent donc avoir un impact sur les caractéristiques attentionnelles des individus (Blois-Heulin, 1999). Ainsi, chez les mangabeys, dont le réseau social est hautement hiérarchisé, les regards sont préférentiellement dirigés vers les membres dominants du groupe (Blois-Heulin, 1999), alors que chez la Mone de Campbell, (*Cercopithecus campbelli campbelli),* où l'organisation hiérarchique est plus tolérante, les regards sont plus nombreux entre les individus affiliés (*i.e.* individus qui partagent des relations affines, *cf* ci-dessus) (Lemasson *et al.*, 2006). Par ailleurs, les types de regard varient

en fonction du contexte. Chez les mangabeys par exemple, l'attention visuelle portée aux individus dominants se traduit par des coups d'œil plutôt que des regards en situation de compétition alimentaire (Blois-Heulin & Girona, 1999).

Des mécanismes attentionnels peuvent être impliqués dans la **reconnaissance d'individus** familiers et/ou apparentés. Par exemple, les jeunes manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus)* arrivent à reconnaitre les vocalisations de leurs parents dans un environnement très bruyant, alors que ces vocalisations ne dépassent pas 6 db (Aubin & Jouventin, 1998 ; Aubin, 2004). Dans ce contexte, les auteurs suggèrent un « effet cocktail party » où les jeunes manchots sont capables d'allouer leur attention de manière sélective vers les vocalisations de leurs parents ayant des caractéristiques acoustiques particulières (Aubin & Jouventin, 1998; Aubin, 2004).

La vie en groupe social implique **la coordination** de certaines **activités** supposant une attention entre les membres du groupe. Par exemple, la coordination spatio-temporelle des mouvements collectifs suppose une modification initiale du comportement d'un ou plusieurs individus, suivie des réponses d'adhésion des autres membres du groupe (Thierry *et al.*, 1995). Chez les capucins (*Cebus capucinus)*, le pattern comportemental dans l'initiation de déplacements inclut des vocalisations et des regards en arrière (*i.e.* vers les autres membres du groupe) de la part de l'individu initiateur. Les auteurs ont proposé que le regard vers les congénères soit la variable décisive, qui contribue le plus à la réussite de l'initiation d'un déplacement (Leca *et al.,* 2003). Chez les babouins hamadryas (*Papio hamadryas*), les mâles initiateurs se placent en périphérie du groupe et s'assoient face à leurs congénères pour les observer. Ce comportement suscite l'attention des membres du groupe et peut suffire à initier un déplacement (Kummer & Kurt, 1963). Outre l'attention nécessaire pour la coordination d'activités collectives, certaines formes d'attention, comme la vigilance, peuvent correspondre à un comportement collectif en tant que tel.

Le comportement de vigilance chez les herbivores, distribué entre les membres du groupe, peut prendre la forme de vagues de vigilance collective synchronisées. Elles sont sous-tendues par des comportements mimétiques (Pays *et al.,* 2007). Ces comportements de vigilance sont également dépendants des relations avec les proches voisins et peuvent constituer une forme de « surveillance sociale » (*e.g.* girafes (*Giraffa camelopardalis*) : Cameron & du Toit, 2005; chimpanzés (*Pan troglodyte*): Kutsukake, 2006; capucins bruns (*Cebus apella*): Pannozzo et al., 2007).

L'orientation du regard peut également intervenir pour le **recrutement d'un partenaire social** lors d'une interaction. Par exemple, lors de situations agonistiques, certaines espèces de primate sollicitent souvent « l'aide » d'un congénère à proximité. Ils orientent leur tête et leur regard alternativement vers l'allié potentiel et l'agresseur. Chez les mangabeys (*Cercocebus torquatus*), les juvéniles et les femelles adultes sollicitent préférentiellement un congénère de rang social plus élevé que l'agresseur. L'allié n'intervient que lorsque son propre rang est supérieur à celui du recruteur et de l'agresseur (Range & Noë, 2005). Ces résultats suggèrent que ces singes auraient une connaissance des relations de dominance/subordination de leurs congénères. Ainsi, l'orientation de l'attention visuelle serait ici un indicateur des rangs sociaux relatifs des individus impliqués dans l'interaction triadique.

En contexte expérimental, plusieurs travaux chez l'animal ont évalué la **perception de l'attention visuelle du congénère** entre individus. Par exemple, Tomasello *et al.*, (1998) ont identifié la capacité à suivre le regard d'un congénère pour détecter une ressource alimentaire chez cinq espèces de primates : les chimpanzés, les mangabeys et trois espèces de macaques : le macaque rhésus (*Macaca mulatta*), le macaque à face rouge (*Macaca arctoides)* et le macaque à queue de cochon (*Macaca nemestrina*). Dans cette étude, les individus suivaient le regard de congénères vers une cible (*i.e.* aliment appétant tendu par un expérimentateur) et ce, de manière quasi instantanée après avoir perçu l'attention visuelle (i.e. direction du regard) de l'un des congénères. En utilisant des paradigmes semblables à celui de Tomasello *et al.*, (1998), le suivi du regard des congénères a aussi été identifié chez cinq espèces telles que la chèvre domestique (*Capra hircus*) (Kaminski *et al.*, 2005), le chien domestique (*Canis familiaris*) (Hare & Tomasello, 1999), le loup (*Canis lupus*) (Range & Virányi, 2011), les corbeaux (*Corvus corax*) (Schloegl *et al.*, 2008) ou encore la tortue charbonnière (*Geochelone carbonaria*) (Wilkinson *et al.*, 2010). Pour ces auteurs, la capacité à suivre du regard résulterait d'une adaptation à « détecter » les ressources alimentaires, les prédateurs ou à connaître les relations sociales. Les études décrites ci-dessus ne permettent cependant pas d'affirmer que la perception de l'orientation attentionnelle du congénère ne s'est faite qu'à partir du regard seul. Les auteurs suggèrent notamment l'implication d'indices gestuels ou posturaux (*i.e.* orientation de la tête, du corps, de la queue) ou encore olfactifs.

D'autres études se sont penchées sur la capacité des animaux à utiliser **le regard** d'un congénère pour **orienter leur attention**. L'utilisation de l'attention d'un partenaire social a

particulièrement été testée en situation de « tâches de choix » pour trouver de la nourriture cachée. Le principe (initialement décrit par Anderson *et al.*, (1995) lors d'interaction animal-expérimentateur humain) consiste à présenter deux cibles au sujet : une sous laquelle est placé un appât alimentaire, l'autre vide. Un informateur (*i.e* un congénère qui connait l'emplacement de la nourriture) fait face au sujet et va orienter son attention vers la bonne cible (l'informateur peut être entrainé au préalable ou non). Dans ces conditions, les chimpanzés utilisent une combinaison d'indices de leurs congénères (*i.e.* regard et orientation de la tête) pour trouver la nourriture. Cette habileté est favorisée si ces indices sont accompagnés d'une vocalisation (Itakura *et al.*, 1999). Des résultats similaires ont été retrouvés chez les chiens domestiques qui utilisent le regard, l'orientation du corps et le pointage de la tête de leurs congénères (Hare & Tomasello, 1999). Ces études soulignent l'importance de la combinaison d'indices attentionnels. Le regard seul ne serait pas suffisant à révéler l'emplacement de la nourriture. La vie sociale entraîne des coûts associés à la concurrence pour les ressources. Connaître ce que les congénères voient pourrait être un avantage chez les espèces vivant dans des groupes sociaux complexes (Bräuer *et al.*, 2007).

La capacité à suivre du regard ou avoir une attention conjointe est nécessaire lors **d'apprentissages sociaux** (Mineka *et al.*, 1984). Ce processus correspond aux mécanismes par lesquels les animaux peuvent acquérir de nouveaux comportements les uns des autres (Bennett & Galef, 1996). Ce type d'apprentissage permet à un individu naïf de profiter de l'expérience d'un congénère. Traditionnellement différentes formes d'apprentissage peuvent être distinguées : l'apprentissage par imitation (*i.e.* reproduction exacte d'un comportement particulier d'un modèle), l'apprentissage par observation (*i.e.* observation d'indices qui apparaissent au cours de l'apprentissage du modèle, ayant un effet à long terme), (Crawford & Spence, 1939; Galef, 1976; Hall, 1963; Miklósi, 1999). D'autres phénomènes sociaux existent tels que la facilitation sociale (*i.e.* un individu effectue un comportement à la suite du même comportement adopté par un congénère), l'accentuation locale (*i.e.* un individu effectue un comportement résultant de la direction de l'attention d'un individu vers un objet ou un endroit particulier de l'environnement) (Thorpe, 1966; Galef, 2013).

Lors de paradigmes d'apprentissage social, plusieurs études chez différentes espèces ont montré que l'affiliation, le statut hiérarchique, le sexe ou l'âge de l'individu démonstrateur peut moduler l'attention et les performances d'apprentissage des individus observateurs (Choleris e*t al.*, 1997; Choleris & Kavaliers, 1999; Nicol, 2004; Scheid *et al.*, 2007). Par ailleurs, le contexte d'observation et le type d'informations à acquérir peuvent

aussi moduler l'attention de manière quantitative. Range & Huber, (2007) ont développé une tâche ou un individu « observateur » peut regarder un individu « modèle » cherchant ou manipulant un objet ou se nourrissant. Dans cette tâche, des ouistitis (*Callithrix jacchus)* ou des corbeaux ont montré des durées d'attention plus importantes lorsque leur modèle social essayait d'ouvrir une boite pour obtenir de la nourriture que lorsque qu'il explorait la boite (Range & Huber, 2007; Scheid *et al.,* 2007). Dans le même contexte expérimental, des différences en fonction des espèces ont aussi pu être identifiées : les corbeaux présentent des durées d'attention plus longues par rapport à des Choucas des tours (*Corvus monedula*) (Scheid *et al.*, 2007). A nouveau dans le même paradigme, des différences en termes de durée maximale de séquences d'attention ont été identifiées entre des chiens (entre 2 et 3.7 secondes), des Kéas (*Nestor notabilis*) (entre 9.6 et 11.9 secondes) ou des enfants humains (*Homo sapiens*) (entre 6.7 et 14.9 secondes) (Range *et al.,* 2009).

1.2.3.6. Attention et relations interspécifiques

Les animaux domestiques (de rente ou de loisir), ainsi que les animaux captifs sont amenés à interagir avec l'homme de manière régulière. Dans ce contexte, les relations homme-animal offrent un cadre « semi-expérimental » pour tester l'attention de diverses espèces. En effet, de nombreuses études récentes mettent en évidence une sensibilité des animaux aux indices émis par l'homme. Pour localiser des ressources alimentaires, effectuer des choix, diriger des comportements de quémande, les animaux sont capables d'utiliser des indices émis par l'homme comme source d'informations, tels que les gestes (*e.g.* pointage), l'orientation du corps, de la tête et des regards impliquant des processus attentionnels (chiens: Horn *et al.,* 2012 ; chèvres: Kaminski *et al.,* 2005 ; dauphin (*Tursiops truncatus*): Xitco *et al.*, 2004 ; corbeaux: Schloegl *et al.,* 2008 ; mangabeys : Maille *et al.*, 2012 ; pour une revue Miklósi & Soproni, 2006). Par exemple, Maille *et al.* (2012) ont montré, chez les mangabeys que lorsque le corps et/ou la tête de l'expérimentatrice n'était pas orientée vers les individus testés (Fig. 10), ceux-ci mettaient plus de temps à produire un geste de quémande et effectuaient moins de gestes de quémande. Les auteurs suggèrent une flexibilité de production des gestes communicatifs qui semblent être émis intentionnellement (Maille *et al.*, 2012).

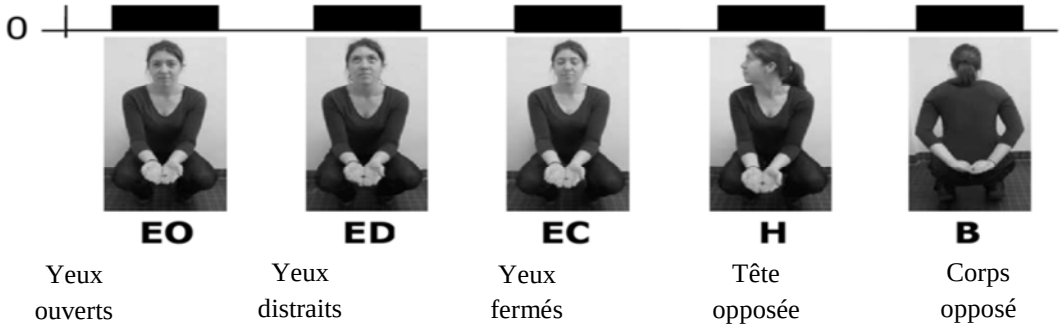


Figure 10 : *Exemple de variations d'état attentionnel de l'expérimentatrice lors d'une tâche de quémande chez le mangabey. D'après Maille et al., (2012).*

L'ensemble de ces travaux montre donc que les animaux sont capables *via* des processus attentionnels de percevoir et d'utiliser des indices, très variés et parfois subtils, émis par l'homme.

Les études visant à caractériser l'attention chez l'homme se sont surtout appuyées sur des paradigmes expérimentaux pour en comprendre les processus. Si ceci a été réalisé chez l'animal dans le cadre de recherche utilisant des modèles animaux de l'attention, chez l'homme l'observation des phénomènes attentionnels a été aussi développée en condition naturelles (*e.g.* « recherche d'image ») ou en conditions expérimentales rappelant des contextes naturels (*e.g.* perception du regard d'un congénère). Ainsi, l'attention est un processus nécessaire pour diverses activités (de l'acquisition de ressources alimentaires à la perception de l'intention d'un congénère). Elle permet aux individus une meilleure adaptation dans leur milieu (Dukas, 2004), via entre autres des performances cognitives (*e.g.* apprentissage) (Scheid *et al.,* 2007). Chez l'homme comme chez l'animal, la caractérisation comportementale de l'attention (*i.e.* durée et fréquence des séquences d'attention) a été principalement basée sur l'orientation du regard des individus (modalité visuelle). Appréhender l'attention vers des stimuli d'autres modalités apparait être plus difficile. La durée et la fréquence des regards semblent être modulées par des caractéristiques propres aux individus (*e.g.* état émotionnel) ou à leur environnement (*e.g.* accès aux ressources alimentaires).

2. Facteurs de modulation de l'attention

Dans cette deuxième partie d'introduction, nous présenterons une revue des facteurs intrinsèques et extrinsèques pouvant moduler l'attention chez l'homme comme chez l'animal.

2.1 Facteurs intrinsèques et variabilité individuelle

2.1.1. Facteurs génétiques

Chez l'homme une grande partie de la littérature s'est penchée sur les bases génétiques à l'origine du trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Ce trouble est caractérisé par une difficulté à se concentrer sur une tâche donnée avec ou sans un état d'activité constante et une instabilité comportementale (APA, 2013). Plusieurs études soutiennent l'hypothèse d'un dysfonctionnement de certains neuromédiateurs impliqués lors de processus d'attention sélective qui serait d'origine génétique (*e.g. dopamine*, (Kluger *et al.,* 2002; Wohl *et al.,* 2005). Les études sur des enfants jumeaux ayant des TDAH supportent l'hypothèse que des différences individuelles en termes d'impulsivité (*i.e.* action effectuée en l'absence de toute volonté réfléchie), d'hyperactivité et d'inattention sont dues à des influences génétiques (Rietveld *et al.,* 2004). Chez l'animal, le développement de modèles animaux a pu entrainer des sélections génétiques d'individus « intelligents » étant plus performants dans des tâches d'apprentissage ou d'attention sélective (Matzel *et al.,* 2011). Par ailleurs, des différences d'émotivité ou de performances cognitives telles que des performances d'apprentissage ont été identifiées en fonction de la race des individus ou de l'origine génétique (*e.g.* père) (*e.g. rongeurs* : Shumake *et al.*, 2014; *mini-porcs*: Val-Laillet *et al.*, 2013; *cheval*: Wolff and Hausberger, 1996).

2.1.2. Impact du genre

Lors d'un paradigme d'attention sélective de Posner, Merritt *et al.,* (2007) ont montré que les femmes présentaient des temps de réaction plus importants et de moins bonnes performances lorsque l'indice était invalide (par rapport à la non présentation d'indice), alors que les hommes montraient des temps de réaction plus courts et de meilleures performances.

Des résultats contradictoires ont été identifiés lors d'une tâche de Stroop, où Stroop lui-même (1935) avait montré que les femmes dénommaient la couleur plus vite que les hommes. Plus récemment, certains auteurs n'ont pas montré de différences dues au genre lors de cette tâche (MacLeod, 1991), alors que d'autres ont montré des temps de réaction plus courts pour les femmes (Mekarski *et al.,* 1996). Chez l'animal, l'évaluation de l'attention soutenue chez des rats (*Rattus norvegicus*) visant à identifier des modèles animaux de processus attentionnels chez l'homme, a montré que les femelles présentent des capacités d'attention soutenue moindre que des mâles dans le même contexte expérimental (Bayless *et al.,* 2012). A l'inverse, les mâles présentent plus de réponse « anticipée » (*i.e.* appui sur un item visuel avant le signal associé à l'appui sur l'item visuel) suggérant de moins bonnes capacités du contrôle inhibiteur de l'attention (*i.e.* capacité à éviter d'être distrait par des stimuli non pertinents afin de poursuivre la réalisation d'une tâche cognitive et de pouvoir empêcher la production d'une réponse habituelle, Chmielewski *et al.*, 2014).

2.1.3. Impact de l'âge

L'impact de l'âge ne semble pas avoir les mêmes effets en fonction de la forme d'attention testée. Chez l'homme, plusieurs études ont montré une diminution des capacités d'attention sélective avec l'âge (Haring *et al.*, 2013; Gazzaley *et al.*, 2008; de Fockert *et al.*, 2009). Lors d'une tâche d'attention soutenue, des enfants présentent des temps de réaction plus importants lors de l'apparition de stimuli visuels effrayants (Kraut, 1976; Pozuelos *et al.,* 2014), alors que lors de tâches d'orientation de l'attention, enfants et adultes diffèrent peu dans leurs capacités à déplacer l'attention vers un stimulus de l'environnement. La rapidité de ce déplacement et la capacité à désengager l'attention (*i.e.* difficultés à déplacer l'attention d'un niveau local à un niveau global) d'un objet de l'environnement augmente avec l'âge (Akhtar & Enns, 1989; Brodeur & Enns, 1997). A partir d'un certain âge (*e.g.* 65-70 ans), les capacités d'inhibition des stimuli non pertinents lors de tâche d'attention sélective et lors de tâche d'attention divisée diminuent (McDowd & Craik, 1988; Kramer *et al.*, 1994 ; Gazzaley *et al.,* 2008). Par ailleurs, les personnes âgées maintiennent des performances stables lors de tâches d'attention soutenue, alors que des sujets plus jeunes peuvent présenter une baisse de vigilance. Les capacités d'attention soutenue seraient donc préservées avec l'âge (Brache *et al.*, 2010; Carriere *et al.*, 2010; Staub *et al.,* 2014; McAvinue *et al.,* 2012). Chez l'animal, les performances lors d'une tâche de recherche visuelle (*i.e.* tâche d'attention sélective) ont été comparées entre de jeunes chiens (de 3 à 4,5 ans), des chiens adultes (de 8 à 9.5 ans) et des

chiens âgés (de 11 à 15 ans). Les performances des chiens âgés étaient moindres par rapport aux deux autres catégories d'âge. Les auteurs suggèrent que le vieillissement altère la capacité à distinguer les stimuli pertinents des stimuli non pertinents impliquant des déficiences de la mémoire visuelle et d'attention sélective (Snigdha *et al.*, 2012). Une autre étude chez le chien a évalué différentes formes d'attention et leur modulation en fonction de l'âge des individus. Lors d'une tâche d'attention sélective, les résultats rejoignaient ceux de Snigdha *et al.*, (2012) où les chiens d'âge moyen (de 3 à 6 ans) présentaient les meilleures performances. Lors d'une tâche d'attention soutenue, les capacités de maintien d'une réponse vers un objet en mouvement ont diminué avec l'âge (Wallis *et al.*, 2014). Cependant, ce pattern pourrait être plutôt dû à un processus d'apprentissage à long terme pour réduire les réactions vers des stimuli nouveaux où les chiens apprennent à sélectionner les stimuli pertinents de l'environnement avec l'expérience (Lindsay, 2013).

2.1.4. Impact de traits de tempérament individuels

D'autres études chez l'homme ont mis en évidence l'existence de liens entre les performances attentionnelles et certains traits de tempérament (*i.e.* différences individuelles comportementales apparaissant tôt dans la vie d'un individu et demeurant stables au cours du temps et entre situations, *e.g.* Hall, 1941 ; Bates, 1989 ; Derryberry & Rothbart, 1997). Par exemple, après avoir évalué le tempérament d'enfants en utilisant des questionnaires (« Children's Behavior Questionnaire », CBQ, Rothbart *et al.*, 2000), González *et al.*, (2001) ont montré que les enfants caractérisés comme colériques, facilement mal à l'aise ou tristes montrent des capacités plus faibles à filtrer des distracteurs par rapport aux autres enfants et donc des performances d'attention sélective moindres (González *et al.*, 2001). Chez l'adulte, des individus caractérisés comme anxieux mettent plus de temps pour désengager leur attention vers des stimuli effrayants (Derryberry & Tucker, 1994). Chez l'animal, plusieurs auteurs ont identifié des relations entre le tempérament des individus et leurs performances cognitives, telles que les performances d'apprentissage et de mémorisation (*e.g. corvidés* Range *et al.*, 2006; Scheid & Noë, 2010; *primate*: Hare *et al.*, 2007; *cheval*: Valenchon *et al.*, 2013). Par exemple, des corneilles caractérisées comme étant « hardies » ont montré de meilleures performances lors d'une tâche de coopération que des individus caractérisés comme « timides » (Scheid & Noë, 2010).

2.1.5. Impact des émotions

L'émotion peut être définie par une réponse affective, intense et de courte durée. Elle peut être associée à des modifications spécifiques du corps et être propre à chaque individu (*e.g.* la peur) (Dantzer, 1988, cité par Boissy *et al.*, 2007). L'émotion comprend une composante comportementale (*e.g.* une activité), une composante physiologique (*e.g.* rythme cardiaque) et une composante subjective (*e.g.* « sentiment ») (Dantzer, 1988). Or, Paul *et al.*, (2005) ont proposé que les processus cognitifs influencent les émotions et les émotions influencent les processus cognitifs. L'attention d'un individu peut donc être **modulée en fonction de l'émotion** véhiculée par un évènement donné (Raymond, 2009). Les évènements peuvent soit avoir une valence positive (*e.g.* une récompense) entrainant des émotions positives (*e.g.* plaisir), soit une valence négative (*e.g.* une punition) entrainant des émotions négatives (*e.g.* peur) ou encore une valence neutre (Gray, 1987; Panksepp, 1994). Par exemple, lors d'une tâche d'indiçage spatial chez l'homme (comme le paradigme de Posner), la présentation d'un visage en colère (véhiculant une émotion négative) entraine une augmentation de l'attention (*i.e.* durée des regards) des individus testés par rapport à l'exposition à des visages neutres (Fox *et al.*, 2002). A l'inverse, Stormark & Hugdahl, (1997) en utilisant une tâche similaire, ont identifié un évitement de l'attention vers un stimulus effrayant.

L'utilisation d'un stimulus positif tel qu'une récompense monétaire augmente l'attention des participants lors d'une tâche d'apprentissage (Libera & Chelazzi, 2006). Chez l'animal, des stimuli comme des récompenses alimentaires possédant une valence émotionnelle positive peuvent augmenter la motivation d'un individu pour effectuer la tâche associée à ces stimuli (*e.g.* apprentissage chez le chien Hiby *et al.*, 2004) ; chez le cheval: Sankey *et al.*, 2010). Selon Lorenz (1950), la motivation réfère à "une tendance intrinsèque à effectuer un comportement particulier. La force de cette tendance augmente avec le temps écoulé depuis la dernière expression de ce comportement". Ainsi, une émotion positive peut être le « moteur » de la motivation pour l'expression des comportements (Fraser & Duncan, 1998). Les stimuli ayant une valence positive entrainent une augmentation de la motivation de l'individu à répondre à ces stimulations. C'est pourquoi une redirection de l'attention peut permettre d'améliorer ses performances cognitives (*i.e.* apprentissage et mémorisation) (Taylor & Fragopanagos, 2005 ; Krapp, 1999). Les évènements entrainant des émotions positives peuvent aussi mener vers l'expression de comportements d'anticipation (*i.e.* sensibilité des individus par rapport aux expériences antérieures *via* une augmentation de

l'attention et/ou de l'activité des individus vers un but particulier, Craig, 1917). Les comportements d'anticipation peuvent donc être des indicateurs des émotions chez l'animal (Spruijt *et al.*, 2001).

2.1.6. Impact de l'état de bien-être/mal-être

Un état émotionnel peut être caractérisé par un état affectif (positif ou négatif) durable qui peut parfois être synonyme de l'humeur d'un individu (Boissy *et al.*, 2007 ; Mendl *et al.*, 2009). Chez l'animal, le bien-être est respecté si tous les besoins comportementaux de l'individu sont satisfaits et si les efforts qu'il doit fournir pour les satisfaire restent faibles (Fraser, 1995). Un état de mal-être apparait alors lorsque l'individu est incapable de s'adapter aux contraintes qui lui sont imposées par son environnement ou qu'il éprouve d'importantes difficultés à le faire (*e.g* Broom, 1986; 1991; Fraser *et al.*, 1997). L'absence d'émotions négatives (frustration, peur, douleur…) a dans un premier temps été favorisé, mais la présence d'émotions positives est de plus en plus mise en exergue pour définir et caractériser l'état de bien-être (*e.g.* Broom, 1991; Fraser & Duncan, 1998; Dawkins, 2003; Boissy *et al.*, 2007; Reefmann *et al.*, 2009).

L'attention d'un individu peut être **modulée en fonction de l'état émotionnel** dans lequel il se trouve. Cette modulation entraine des biais dans différentes fonctions cognitives comme l'attention, la mémoire et le jugement (Paul *et al.*, 2005; Mendl *et al.*, 2009). Chez l'homme par exemple, l'attention va être particulièrement allouée vers des stimuli effrayants lorsque les individus sont anxieux (Mathews & MacLeod, 1994). Chez l'homme, ces symptômes peuvent être retrouvés dans certaines pathologies comportementales telles que la dépression clinique (*e.g.* Mogg *et al.*, 1995), les troubles de l'anxiété (Hope & Izard, 1996) ou encore les pathologies de jeu compulsif (Petry, 2005). Chez l'animal plusieurs études ont utilisé des paradigmes de biais cognitifs pour évaluer « l'humeur » des individus (rongeurs: Burman *et al.*, 2008; chien: Casey *et al.*, 2008; abeilles, Bateson *et al.*, 2011; macaque rhésus, Bethell *et al.*, 2012; étourneaux : Bateson, 2007; pour une revue Mendl *et al.*, 2009). Dans ces études, les animaux sont confrontés à des situations/stimuli positifs, négatifs et ambiguës (Mendl *et al.*, 2009). Les auteurs ont exploré la possibilité que l'interprétation que l'animal a d'une situation/un stimulus ambiguë puisse être modifiée par son humeur. Les animaux qui sont dans un état émotionnel négatif seraient susceptibles d'interpréter les situations/stimuli

de manière négative. Dans ces études, les animaux vivant dans des conditions de vie sous optimales (*i.e.* restrictions spatiales, sociales, alimentaires) présentaient des biais cognitifs négatifs, pouvant potentiellement révéler un impact de l'humeur négative sur les capacités attentionnelles, mnésiques ou de jugement. Cependant, certains auteurs suggèrent d'identifier si des facteurs non reliés à l'état émotionnel de l'animal pourraient être impliqués dans l'expression de biais cognitifs (Broom, 2010). Par exemple, l'expression de biais cognitifs pourrait avoir une valeur adaptative où le fait de percevoir les stimuli négativement pourrait être une stratégie pour éviter une situation trop risquée pour l'individu (Broom, 2010).

2.1.7. Impact des rythmes biologiques

Tous les mammifères suivent un rythme circadien (rythme biologique d'une durée de 24h) veille-sommeil suggérant une horloge biologique interne. Ce rythme circadien est connu pour avoir un impact sur différentes capacités cognitives telles que la mémoire ou la vigilance (Valdez, 2005). Au sein de ce rythme, un rythme ultradien peut aussi être identifié (*i.e.* rythme biologique avec une fréquence supérieure au rythme circadien). L'exemple classique d'organisation ultradienne est celui des rythmes ultradiens des différents stades de sommeil au cours de la nuit. Cette activité polyphasique du sommeil a une période proche de 90 minutes chez l'homme. En référence à ce rythme, Kleitman, (1963) émet l'hypothèse qu'une telle cyclicité existe aussi au niveau de l'état d'éveil au cours de la journée : il nomme alors ce rythme le Basic Rest-Activity cycle (BRAC). Ainsi le niveau d'éveil, peut varier au cours de la journée. Les travaux de Yerkes & Dodson, (1908) ont mis en évidence une relation empirique entre le niveau d'éveil (*arousal*) et les performances cognitives sous tendues par des caractéristiques individuelles (Fig. 11). Un niveau d'éveil moyen serait optimal pour de meilleures performances cognitives puisqu'un niveau d'éveil trop haut (dû à un stress) ou trop bas affecte la performance. Cependant, cette loi de Yerkes et Dodson a une valeur explicative limitée car il est peu probable que différents facteurs de stress agissent de la même manière sur les fonctions cognitives. En fonction de la relation entre stress et fonction cognitive, différents effets peuvent être trouvés : changements, déficit, diminution de l'attention et variation de la vitesse de décision (Mendl, 1999).

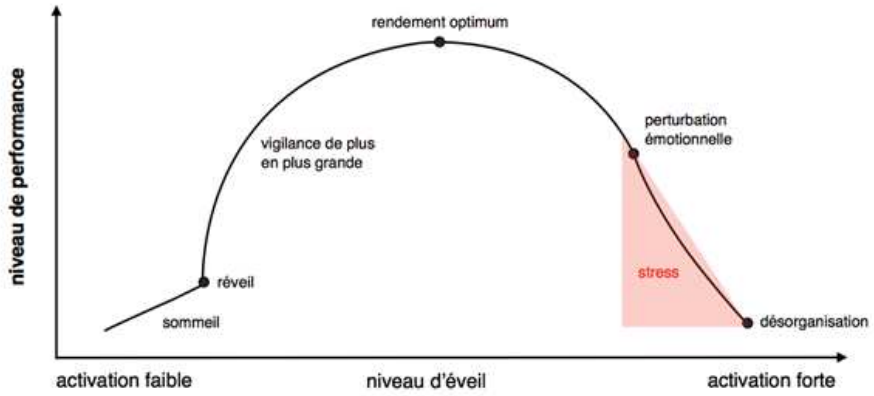


Figure 11 : *Courbe de Yerkes et Dodson (1908) relation entre le niveau d'éveil et les performances cognitives. Une fenêtre optimale de performances apparait lorsque le niveau est moyen.*

2.2 Facteurs extrinsèques

2.2.1 Conditions de vie

- *Environnement physique*

Des conditions de logement inadaptées à l'espèce (*i.e.* restriction spatiale, environnement dépourvus des stimuli nécessaires à une espèce donnée) lors d'une période précoce de vie sont connues pour avoir des conséquences néfastes à long terme sur les performances cognitives telles que l'apprentissage ou l'attention sélective (Harati *et al.*, 2011; Brust *et al.*, 2014). Par exemple, la privation de stimulations environnementales (*e.g.* absence de matière pour faire un nid, absence de structure verticale pour augmenter la locomotion) précoces chez le rat perturbe le contrôle inhibiteur de l'attention sélective donnant lieu à des pattern comportementaux atypiques comme une hyperactivité en réponse à des stimuli nouveaux et une tendance à la persévérance (*i.e.* répétition de réponses comportementales lorsqu'elles ne sont plus appropriées, comme lors d'une altération de l'extinction d'un apprentissage, Sandson & Albert, 1984) (Schrijver & Würbel, 2001). Ces perturbations seraient dues à un niveau inférieur du traitement des informations environnementales, par altération des capacités à filtrer les informations sensorielles (Würbel, 2001). Cependant, un environnement comprenant « trop » de stimulations peut aussi amener à une détérioration des capacités cognitives. C'est le cas par exemple d'enfants qui vivent à proximité d'aéroports, étant sujets

au bruit chronique des avions. Ils peuvent présenter une altération de leurs capacités mnésiques par rapport à des enfants vivant dans un environnement calme (Hygge *et al.*, 2002). Lors d'une tâche d'indiçage spatial, une autre étude a montré que les performances attentionnelles d'individus adultes vivant à proximité d'une voie de chemin de fer étaient altérées par rapport à celles d' individu vivant dans un environnement calme (Tassi *et al.*, 2013). Les auteurs suggèrent un impact de perturbations du sommeil sur les performances attentionnels des sujets (Tassi *et al.*, 2013).

- *Environnement social*

Des restrictions sociales à une période précoce de vie peuvent entrainer des patterns comportementaux et attentionnels atypiques. L'inattention, l'hyperactivité et l'impulsivité sont des symptômes caractéristiques des Troubles déficitaires de l'attention avec/ou sans hyperactivité (TDA/H) (APA, 2013). Ils ont été retrouvés à l'adolescence et à l'âge adulte, dans le cas particulier des enfants orphelins roumains évoluant avec des contacts sociaux très restreints dans leurs premières années de vie (Beckett *et al.*, 2006; Stevens *et al.*, 2008). Les travaux de Harlow (1965) ont démontré que la privation maternelle précoce entrainait de sévères altérations des comportements sociaux. De jeunes macaques rhésus isolés de tout contact social (y compris avec leur mère) présentent, une fois réintroduits dans le groupe social, une incapacité à interagir (*e.g.* comportements autocentrés, stéréotypies, agressions).La récupération d'aptitudes sociales, à terme, n'est que partielle (Harlow & Suomi, 1971). L'absence de partenaires sociaux a pu entrainer un déficit d'attention sociale, entrainant de faibles capacités attentionnelles à long terme.

- *Alimentation*

Chez l'homme, une alimentation équilibrée au jeune âge (entre 1 et 3 ans) et en quantité adaptée apparait entrainer de meilleures performances cognitives (capacités langagières, attention sélective) à l'âge de 10 ans (Nyaradi *et al.*, 2013). Chez les personnes âgées (de 65 à 90 ans) la consommation de fruits, de légumes, de fibres et de vitamine C entraine des performances cognitives plus élevées par rapport aux individus consommant plutôt une alimentation riche en acides gras (Ortega *et al.*, 1997). Cependant, ces études ne permettent généralement pas de savoir exactement si le régime alimentaire adopté par les individus testés est la cause ou la conséquence de ces améliorations des capacités cognitives. En conditions expérimentales plus contrôlées, le maintien de souris avec un régime riche en graisses entraine des perturbations du contrôle inhibiteur de l'attention (Labouesse *et al.*, 2013).

2.2.2 Travail

En condition domestique certains animaux peuvent partager avec l'homme le fait de travailler. Ces animaux peuvent être utilisés par l'homme, soit pour leurs caractéristiques physiques particulières (*e.g.* leur force) (Pritchard *et al.*, 2005), soit en raison d'aptitudes plus spécialisées (*e.g.* odorat pour les chiens détecteurs de drogues) (Maejima *et al.*, 2007). Ainsi, certaines **capacités cognitives** peuvent être recherchées pour un **travail** donné et l'individu sera **sélectionné** sur la base de ces capacités (*e.g.* chez l'homme : Morris *et al.*, 2015 ; chez le chien : Williams & Johnston, 2002). Ces capacités cognitives seront sollicitées quotidiennement ce qui peut entrainer une **amélioration des performances et/ou une modulation** de ces capacités pour le **travail** demandé. Par exemple, les chiens détecteurs de drogues sont entrainés à discriminer des odeurs particulières. Leurs capacités de discrimination ne diminuent pas avec le nombre d'odeurs à détecter apprises, au contraire plus le nombre d'odeurs à détecter est important plus les chiens sont rapides pour apprendre à discriminer de nouvelles odeurs (Williams & Johnston, 2002).

Dans d'autres cas, certaines capacités cognitives, comme l'apprentissage, peuvent être modulées par et pour le travail. Ces modulations peuvent perdurer hors situation de travail. Par exemple, des chevaux de « haute école » (*i.e.* chevaux de dressage capables d'effectuer des exercices avancés comme par exemple le piaffer) ont montré des niveaux d'apprentissage moindres par rapport à des chevaux effectuant d'autres disciplines (*e.g.* saut d'obstacle, voltige) dans un contexte expérimental (Hausberger *et al.*, 2004). Les auteurs suggèrent que dans cette discipline, les chevaux sont contraints par les ordres des cavaliers, donnant ainsi très peu de liberté au cheval. Les chevaux ne pouvant pas « prendre d'initiatives » dans leur contexte de travail, ils développeraient pas d'apprentissage dans d'autres contextes (Hausberger *et al.*, 2004).

Outre l'amélioration ou la modulation des capacités cognitives au **travail**, ces activités peuvent parfois provoquer un **stress chronique** susceptible d'altérer **l'état de bien être** des individus. Par exemple chez l'homme, le stress au travail peut entrainer divers symptômes tels qu'une rumination accrue, des troubles du sommeil (Vahle-Hinz *et al.*, 2014). Ils peuvent aller jusqu'à un syndrome dépressif (Melchior *et al.*, 2007). Chez l'animal, le travail effectué sous la commande de l'homme, peut induire à la fois des contraintes physiques (*e.g.* équipement

mal adapté, Hovell, 1998) et des contraintes psychologiques (*e.g.* techniques de dressage aversives, Ramaswamy, 1998) qui peuvent conduire à une altération de l'état de bien-être des animaux. Par exemple, les chevaux peuvent présenter des problèmes sanitaires telles que des problèmes vertébraux dus au travail (Lesimple *et al.*, 2012) ou des problèmes comportementaux dues à la discipline pour laquelle les chevaux peuvent être entrainés (Hausberger *et al.*, 2011; von Borstel *et al.*, 2010).

Les capacités cognitives comme l'attention sont influencées par des **caractéristiques individuelles** telles que le genre, l'âge ou les traits de tempérament. L'émotion véhiculée par un stimulus et l'état émotionnel de l'individu semble être des facteurs prédominants à prendre en compte lors de l'étude de processus cognitifs comme l'attention. Or, l'état chronique d'un individu, sous tendu par son état de bien-être/mal-être, peut dépendre des conditions de vie qui lui sont offerte. Si celles-ci ne sont pas adaptées à l'espèce, des modifications comportementales et notamment des perturbations des capacités cognitives comme l'attention peuvent être identifiées. Ainsi, des **facteurs environnementaux** tels que l'environnement physique et social mais aussi l'alimentation peuvent avoir un impact sur l'état de bien-être de l'individu et par conséquent moduler son attention. En outre, le travail effectué par un individu peut d'une part améliorer ses capacités cognitives *via* l'entrainement et d'autre part altérer ses capacités *via* des situations provoquant un stress chronique et donc une altération de son bien-être.

3 Problématique et objectif de la recherche

3.1 Problématique

Au cours de cette introduction, nous avons pu voir que l'attention correspond à un ensemble de processus cognitifs par lesquels le système nerveux appréhende et organise les stimulations sensorielles de l' environnement afin de générer un comportement approprié face à une situation donnée (Bushnell, 1998). L'attention peut avoir une fonction de sélectivité, de division, d'activation et une fonction de contrôle des diverses informations soumises à un individu simultanément. Ces fonctions permettent une meilleure **adaptation des individus à leur environnement physique et social** (*e.g.* exploitation des ressources alimentaires, évitement de prédateurs, communication sociale) (Emery, 2000). L'attention est un processus crucial pour la communication et la synchronisation entre individus, que ce soit lors d'interactions intra-spécifiques ou d'interactions interspécifiques. Elle est également sous-jacente à des processus cognitifs sociaux très élaborés tels que la capacité à percevoir et suivre le regard d'un autre individu, mais aussi la capacité à attribuer un état mental à d'autres individus (Baron-Cohen, 1995).

L'attention est impliquée dans le fonctionnement **d'autres processus cognitifs** comme **l'apprentissage**. Les capacités attentionnelles au quotidien permettront des apprentissages plus rapides et plus effectifs (Kruschke, 2003). L'attention est impliquée lors de processus de **mémoire** de travail, de mémoire à court et à long terme (Cowan, 1997). Ces processus mnésiques sont nécessaires au quotidien chez l'homme comme chez l'animal : de la rétention d'informations pour la localisation d'une ressource alimentaire, à la pratique d'un exercice appris quelques années auparavant.

De par l'importance des processus attentionnels en termes d'adaptation à l'environnement physique/social et de performances cognitives, mieux connaitre les indicateurs attentionnels permet de mieux caractériser ces processus. En contexte expérimental, les mesures les plus communément employées sont les **temps de réaction** à l'apparition d'un stimulus (visuel ou auditif) et les performances de **précision** (*e.g.* Bushnell, 1998). Les relevés **comportementaux** sont majoritairement basés sur l'orientation du regard et plus rarement sur des adaptations **posturales** telles que l'orientation de la tête et du corps. L'attention en

contexte spontané pourrait donc être caractérisée par des modifications de l'orientation du regard et de la posture des individus associées à des variations neurophysiologiques. Cependant, il apparait nécessaire de choisir et valider ces mesures en fonction de l'espèce étudiée. Par exemple, relever l'orientation du regard pour des espèces ou la première modalité sensorielle utilisée n'est pas visuelle mais olfactive (*e.g.* rongeurs) peut poser quelques questions. Relever l'orientation de tous les **organes sensoriels** et la **posture globale** du corps pourrait permettre de caractériser plus précisément **les différentes formes ou niveaux d'attention chez l'animal** (Darwin, 1872).

Par ailleurs, chez l'animal très peu d'études ont cherché à **caractériser l'attention chez une espèce** en tant que telle. Certaines études portant sur l'attention sociale ont permis de caractériser l'attention visuelle en se basant sur la fréquence et la durée des regards de l'individu observateur vers l'individu modèle et ont pu relever des différences en fonction des espèces testées (*e.g.* Scheid *et al.*, 2007; Range *et al.*, 2009). Une étude visant à identifier un impact de l'âge sur les différentes formes d'attention chez le chien domestique s'est basée sur la latence de regard, la durée des regards et le pourcentage de temps passé à regarder un objet ou un homme en mouvement (Wallis *et al.*, 2014).

Pour pouvoir caractériser l'attention d'une espèce hors d'un contexte social, la **mise en place de tests expérimentaux** peut être nécessaire. Ces tests peuvent se baser sur une variété de stimuli ou des tâches. Néanmoins, les tests ainsi que les mesures relevées doivent répondre aux critères de validité (*i.e.* l'instrument utilisé mesure bien ce qu'il est censé mesurer et il fournit bien une information pertinente par rapport à la question posée) et de fiabilité (*i.e.* répétabilité et constance des mesures) (Martin & Bateson, 1993). Pour cela, il est possible de corréler les réponses obtenues lors de ces tests avec les réponses à des tests dont l'interprétation est déjà connue. A ces tests expérimentaux peuvent être couplées **des observations en contexte spontané** (*i.e.* en contexte habituel). Ces observations permettent de rendre compte des caractéristiques comportementales et donc potentiellement attentionnelles des individus au quotidien. Caractériser l'attention chez une espèce permettrait de mieux identifier les **facteurs de modulation** de l'attention chez cette espèce.

L'attention est une fonction cognitive cruciale pour une meilleure adaptation à l'environnement physique et social et pour de meilleures performances cognitives (*e.g.* apprentissage). Sa caractérisation chez une espèce comme le cheval domestique (*Equus caballus*) permettra d'identifier l'impact des divers facteurs intrinsèques (*e.g.* état de bien-

être/mal-être) et extrinsèques (*e.g.* travail) sur les caractéristiques attentionnelles. Au cours de ce travail nous avons donc cherché à **caractériser l'attention** chez le cheval en combinant des approches expérimentales avec des observations en conditions habituelles *via i)* le développement de nouveaux tests expérimentaux et l'adaptation à notre modèle d'étude de tests expérimentaux dont l'interprétation était déjà connue ; *ii)* l'identification d'indicateur comportementaux et posturaux de l'attention et ce dans différents contextes (*i.e.* contexte expérimental et spontané). Cette méthodologie a été utilisée sur différentes populations évoluant dans des contextes variés pour ainsi identifier les **facteurs de modulation** de l'attention.

3.2 Choix du modèle animal

D'un point de vue fondamental, mieux connaitre les caractéristiques attentionnelles d'une espèce domestique, telle que le cheval, permettra d'identifier les facteurs de modulation de l'attention. D'un point de vue appliqué, l'attention du cheval au travail est la clé d'une collaboration active et de risques diminués. Dans le milieu socioprofessionnel, il est commun de considérer que des jeunes chevaux n'ont pas forcément la même durée d'attention que des chevaux plus âgés. Le constat est cependant que la durée de travail varie assez peu en fonction de l'âge et qu'il n'y a pas de données objectives évaluant l'attention chez le cheval au travail. En effet, nous connaissons mal les facteurs de modulation possibles, ainsi que les modalités permettant de promouvoir cette attention. Ce travail a donc été effectué en partenariat avec l'Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE) qui a pour mission de transférer les savoirs relatifs au cheval et à l'équitation aux membres de la filière équine.

3.2.1 Attention vers des stimuli de l'environnement physique

En conditions naturelles, le cheval peut être amené à « surveiller » l'environnement dans sa diversité (présence et distance des congénères, stimulations diverses, dangers et prédateurs) engageant ainsi des processus attentionnels pouvant être de différents niveaux. En fonction des stimuli (*e.g.* sons familiers, partenaires sociaux, prédateurs) l'attention vers des stimuli environnementaux peut s'exprimer par un simple mouvement d'oreille vers un stimulus ou aller jusqu'à déclencher un état d'alarme (Kiley-Worthington, 1976). L'attention du cheval va être sollicitée par des stimuli de différentes modalités :

- **Stimuli auditifs** : si le cheval entend un léger bruit, il commence fréquemment par faire pivoter le pavillon de l'une de ses oreilles sans nécessairement tourner la tête. Il existe cependant un réflexe global d'orientation, se traduisant par des mouvements associés des yeux et de la tête (Basile *et al.*, 2009), entrainant une orientation de tous les organes sensoriels vers la source du stimulus (Fig. 12). Le degré et la durée d'orientation vers le stimulus peut dépendre de sa familiarité (*e.g.* vocalisation de congénère, Lemasson *et al.*, 2009) ou de son caractère anxiogène (Waring, 2003).



***Figure 12** : Cheval regardant fixement vers un stimulus visuel ou auditif. Tous les organes sensoriels sont orientés vers la source du stimulus.*

- **Stimuli visuels** : l'œil du cheval est adapté pour détecter rapidement les mouvements (Hebel, 1976 ; Harman *et al.*, 1999). Le cheval possède une vision dichromate : il discrimine mieux le bleu et le jaune de la couleur grise par rapport au vert et au rouge (Blackmore *et al.*, 2008). Le cheval est donc adapté pour distinguer des stimuli visuels pouvant être plus ou moins subtils. Dans sa vie quotidienne, le cheval peut « scanner son environnement » (*i.e.* comportement d'**observation** : l'animal est immobile et observe avec des balayages de l'encolure et de la tête). Quand le stimulus présente un intérêt particulier, le cheval va orienter son attention, généralement visuelle, vers lui : il regarde fixement dans sa direction. Si un stimulus est identifié comme un danger potentiel, s'y ajoutera posture de tête élevée, un relèvement de l'encolure et de la queue caractéristiques de la **vigilance** c'est-à-dire d'un état d'**alerte** (Kiley Worthington, 1976). Si le stimulus est perçu comme non dangereux, le cheval pourra soit reprendre ses activités soit se diriger vers le stimulus (*i.e.* **exploration**). Dans le cas contraire, il pourra passer à un état **d'alarme** impliquant une fuite, des yeux grand ouverts, des naseaux

dilatés, une posture de queue en panache, du snorting (*i.e.* soufflement fort, bruyant et succinct). (Waring, 2003). Ce gradient d'attention sera traduit par des composantes locomotrices et posturales (e.g. Wolff *et al.*, 1997).

L'attention vers des stimuli visuels entraine donc des variations de patterns comportementaux et posturaux. Le cheval n'ayant pas le même Umwelt que l'homme, les variations d'attention vers un stimulus visuel semblent plus faciles à appréhender que celles vers un stimulus auditif.

- **Stimuli tactiles** : la perception tactile s'étend sur toute l'étendue de peau du cheval (Waring, 2003). Certaines zones semblent plus sensibles que d'autres (*e.g.* naseaux) (Talukdar *et al.*, 1972, cité par Waring, 2003). Dans le contexte d'interactions avec des congénères, les principales stimulations tactiles ont lieu entre la mère et le poulain dans les heures post-natales (Henry *et al.,* 2009) ou lors de toilettages mutuels. Ces comportements sont peu fréquents dans le budget d'activité du cheval et principalement exprimés lors de période de mue (Boyd *et al.*, 1988). Une étude conduite par Feh et de Mazières (1993) a montré qu'un grattage spécifiquement réalisé sur le garrot entraînait une diminution du rythme cardiaque chez des chevaux, suggérant qu'une telle procédure puisse être perçue positivement. Cependant, des travaux plus récents montrent que la caresse n'est pas spontanément positive pour le cheval (Henry *et al.,* 2006) et qu'une stimulation tactile (*i.e.* grattage au niveau du garrot) n'améliore pas les performances d'apprentissage ni la relation homme-cheval (Sankey *et al.,* 2010a). Les performances d'apprentissage étant médiées par des processus attentionnels, nous avons exploré l'impact d'une telle stimulation tactile sur l'attention des chevaux.

- **Stimuli chimiques** : le cheval perçoit des odeurs, des phéromones ou encore des saveurs (Leblanc & Weiss, 2013). Cependant, les mécanismes mis en jeu lors de la perception de stimuli chimiques sont encore mal connus. Aussi, il apparait difficile d'évaluer expérimentalement l'attention des chevaux en fonction de l'odeur des stimuli (*e.g.* très volatile, difficile à contrôler) ou de leurs goûts (*e.g.* indicateurs mal connus, dépendant de caractéristiques individuelles).

Dans cette étude nous nous sommes donc focalisé sur la caractérisation de l'attention vers des stimuli « physiques » de **modalité auditive, visuelle et tactile**.

3.2.2 Attention vers des stimuli de l'environnement social

Le caractéristiques attentionnelles (*i.e.* durée, fréquence) vers des partenaires sociaux chez le cheval reste encore méconnues. Les quelques travaux réalisés sur **l'apprentissage social** chez le cheval, impliquant des processus attentionnels vers un congénère, n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence d'un réel apprentissage par observation. Les chevaux ne semblent pas mieux réussir, après observation d'un modèle, des tâches liées à la nourriture comme la discrimination entre deux seaux de couleur différente (Baker & Crawford, 1986; Clarke *et al.,* 1996) ou l'ouverture d'une boîte à l'aide d'une pédale, qui nécessite l'acquisition de nouveaux patterns comportementaux (Lindberg *et al.,* 1999). Cependant, chez les très jeunes animaux, la mère apparaît comme le modèle social principal, son influence pouvant même faciliter le processus de familiarisation du poulain avec l'Homme (Henry *et al.*, 2005). Ces résultats indiquent que des processus attentionnels entre le jeune et la mère peuvent être impliqués et entrainer une facilitation sociale.

Au sein d'un groupe de chevaux, la **communication sociale** du cheval se base entre autres sur des signaux visuels subtils que ce soit au niveau des expressions faciales, de la position des oreilles, des mouvements de bouche ou des naseaux combinés à des mouvements de tête et une tension du corps permettant de transmettre des messages allant de la menace à une intention d'interaction positive (*e.g.* toilettage mutuel). Ces caractéristiques impliquent une attention visuelle permanente vers les congénères du groupe. Cependant, les réseaux sociaux visuels semblent difficiles à appréhender de par l'utilisation du champ visuel binoculaire (Hughes, 1977) mais aussi de par la proximité spatiale reflétant les affinités des chevaux au sein du groupe (Hartmann *et al.*, 2012) qui impliquent une vision des autres permanente.

3.2.3 Attention lors d'interactions interspécifiques

Pour localiser des ressources alimentaires ou effectuer des choix, les chevaux sont capables de percevoir des signaux de communication chez l'homme tels que des indices gestuels (*e.g.* pointages) (McKinley & Sambrook, 2000; Maros *et al.*, 2008). Ils perçoivent aussi des indices plus subtils tels que la direction du corps, de la tête ou du regard de l'homme

(Proops & McComb, 2010 ; Sankey *et al.*, 2011). Les chevaux sont capables de discriminer entre une personne familière et non familière en ayant une représentation multimodale de l'homme (visuelle, auditive, olfactive) (Sankey *et al.*, 2011; Lampe & Andre, 2012; Proops & McComb, 2012). Dans l'étude de Sankey *et al.*, (2011), de jeunes chevaux ont été entraînés à obéir à l'ordre vocal « reste » en restant immobile pendant une minute. L'expérimentation a consisté à croiser deux types d'informations : l'identité (expérimentatrice familière/personne inconnue) et l'état attentionnel (visuel) de l'homme. Lors des tests, les chevaux ont reçu aléatoirement l'ordre vocal de l'une des deux personnes, elle-même dans quatre états attentionnels différents : le dos tourné (regard à l'opposé) ou face au cheval (regard vers lui, yeux clos ou regard « distrait » vers le cheval mais un peu au-dessus de sa tête) (Fig 13). Les résultats indiquent que les chevaux intègrent bien les deux niveaux d'informations. Ils obéissent bien dans tous les cas à l'expérimentatrice familière mais obéissent différemment à la personne inconnue selon son état attentionnel : bien si son attention est dirigée vers eux, moins bien si les yeux sont clos et peu si la personne a le dos tourné ou regarde ailleurs. De façon surprenante, les chevaux montrent beaucoup plus de « monitoring » (tournent la tête vers la personne pour la regarder) dans le cas de la personne inconnue, suggérant qu'ils aient besoin de vérifier si l'ordre donné leur était effectivement destiné. L'attention dirigée vers eux semble être efficace pour leur indiquer qu'ils étaient effectivement « visés ». Au contraire, la mémoire établie de la personne familière semble bien être multisensorielle (la voix suffit) et inclure les attentes envers leur propre comportement.

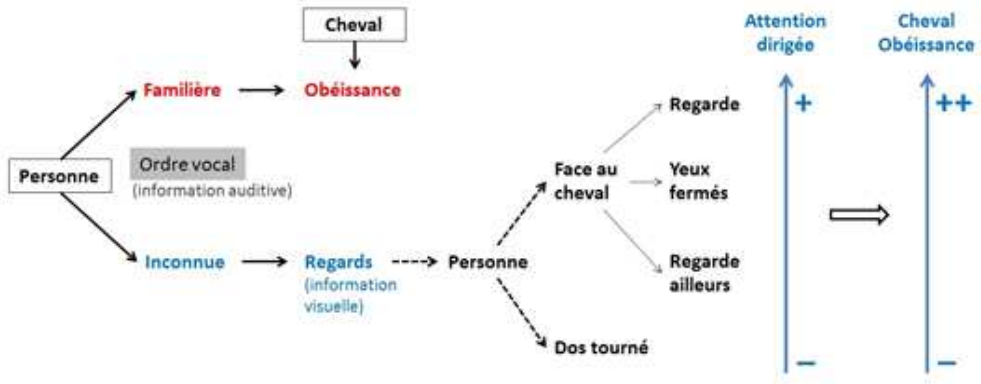


Figure 13 : *Impact de l'identité (expérimentatrice familière / personne inconnue) et de l'état attentionnel (visuel) de l'homme sur l'obéissance du cheval. Le cheval obéit moins bien à une personne non familière surtout si celle-ci ne parait pas attentive. D'après Sankey et al., (2011).*

Les auteurs proposent que la connaissance des autres chez le cheval s'appuie sur une représentation globale, intégrée et multi sensorielle d'individus spécifiques. Elle inclue également une représentation des attentes sur le comportement de ces individus (ce qu'ils vont faire dans une situation connue) et une appréhension des attentes qu'ont ces individus sur son propre comportement (Sankey *et al.*, 2011). La discrimination de personnes familières *versus* non familière peut être durable dans le temps, impliquant une mémoire de l'homme et de sa valence (Baragli *et al.*, 2009; Sankey *et al.*, 2010).

L'attention du cheval pourra ainsi traduire les attentes qu'ont les chevaux envers l'homme. Certains auteurs indiquent que des animaux domestiques tels que le cheval seraient devenus « dépendants » des actions de l'homme (*e.g.* pour avoir accès à une ressource alimentaire) et que ces individus attendraient que l'homme résolvent une tâche plutôt que de le faire eux-mêmes (Lesimple *et al.*, 2012). En effet, dans l'étude de Lesimple *et al.*, (2012) une forte corrélation négative est apparue entre les performances lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*e.g.* ouverture d'une boite pour avoir accès à la nourriture) et l'attention portée sur l'homme et cela en dépit d'une forte motivation des chevaux envers le dispositif expérimental (*i.e.* exploration vers le dispositif) (Lesimple *et al.*, 2012).

3.2.4 Facteurs de modulation des capacités cognitives chez le cheval

En contexte expérimental, les chevaux ont montré des capacités de discrimination d'indices spatiaux (Nicol, 2002), de catégorisation des formes, des lettres ou des icônes (Hanggi, 1999) ou encore des performances d'apprentissage spatial et instrumental (Heird *et al.*, 1986; Wolff & Hausberger, 1996). Ces performances cognitives impliquent nécessairement des processus attentionnels qui n'ont pas été évaluées à proprement parler dans ces études.

Certaines caractéristiques intrinsèques ont été identifiées comme des facteurs de modulation des capacités cognitives (*i.e.* performances d'apprentissage) chez le cheval telles que le sexe, la race, l'origine génétique (*e.g.* père des chevaux) ou l'état de bien-être/mal-être (Wolff & Hausberger, 1996; Hausberger *et al.*, 2004, 2007). Des facteurs environnementaux tels que les conditions de vie ou la discipline d'équitation pour laquelle les chevaux sont entraînés affectent aussi les performances d'apprentissage (Hausberger *et al.*, 2004 ; Lesimple

et al., 2011). Les performances d'apprentissage et l'attention étant fortement liées, il est envisageable que les capacités attentionnelles du cheval puissent être modulées par des facteurs intrinsèques et extrinsèques.

3.2.5 Evaluation de l'attention per se

En conditions expérimentales, une seule étude a tenté de caractériser l'attention des chevaux (Rapin *et al.*, 2007). Au cours de cette étude, les durées d'attention des chevaux ont été mesurée en se basant sur la méthode du conditionnement opérant en utilisant un renforcement positif primaire (Skinner, 1938). Les chevaux ont appris une tâche instrumentale où la diffusion d'un premier stimulus auditif annonçait le début du test et la diffusion d'un second stimulus auditif correspondait à la possibilité de toucher un cylindre avec les naseaux pour obtenir une récompense alimentaire. Une fois la tâche apprise, le test *per se* consistait à évaluer le temps d'attente pendant lequel le cheval pouvait rester « concentré » sur le dispositif. Ce temps « d'attente » ou de « concentration » était évalué en augmentant le temps entre la diffusion des 2 stimuli auditifs (par pallier de 2 secondes puis 4, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 jusqu'à 70 secondes). Ce temps d'attente ou de concentration pourrait correspondre à une mesure d'attention soutenue du cheval, celui-ci devant rester focalisé sur le dispositif et donc exprimer le même comportement de manière continue pendant un temps donné. Afin d'évaluer la stabilité de l'attention au cours du temps, les auteurs ont aussi réalisé ce même test 3 semaines plus tard (Rapin *et al.*, 2007). Avec ce paradigme, Rapin *et al.*, (2007) ont mis en évidence une durée moyenne d'attention maximale de 11.8 secondes pour le premier test et de 10.7 secondes pour le deuxième test trois semaines plus tard. Les durées d'attention lors du premier test étaient fortement corrélées aux durées d'attention lors du deuxième test révélant une stabilité des caractéristiques attentionnelles des chevaux testés. Par ailleurs, ces caractéristiques attentionnelles semblaient être influencées par l'âge des individus, les chevaux plus jeunes (3-7 ans) ayant des durées d'attention plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors du premier test.

Cependant, les chevaux plus jeunes ont montré une diminution de leurs durées d'attention lors du deuxième test alors que les chevaux plus âgés avaient des performances similaires ou améliorées. Ces travaux ont permis une réflexion méthodologique quant à la manière d'évaluer l'attention chez le cheval. Cette étude révèle : 1) des capacités d'attention

soutenue limitée dans le temps ; 2) des différences individuelles stables dans le temps ; 3) un impact de l'âge des animaux. L'apprentissage de la tâche instrumentale est cependant complexe. Ce protocole demanderait à être simplifié pour répondre aux besoins de notre étude et être applicable aux conditions « de terrain ».

Toutefois, l'étude de Rapin *et al.,* (2007) a permis de renforcer l'idée que l'étude de l'attention était réalisable et prometteuse chez le cheval. Le développement de nouveaux tests expérimentaux apparaissait nécessaire. Les chevaux étant soumis à diverses stimulations dans leur contexte de vie habituelle, les modalités visuelle et auditive ce devaient d'être explorées. Pour pouvoir appliquer des tests sur un grand nombre de chevaux, dans différents sites, il était aussi important d'avoir une méthodologie simple, rapide, pouvant être répliquée et validée par confrontation avec d'autres situations (expérimentales ou spontanées). D'un point de vue pratique, lors des interactions cheval-cavalier, l'attention du cheval au travail est la clé d'une collaboration active et de risques diminués. Caractériser l'attention du cheval et identifier l'impact de **caractéristiques intrinsèques** telles que l'âge, le sexe ou la race des chevaux permettra de proposer des choix d'animaux au sein de la filière équine (*e.g.* adaptés pour une discipline donnée), des stratégies d'éducation (*e.g.* durée des séances d'entrainement) pour pouvoir promouvoir l'attention du cheval au travail et ainsi la valoriser les animaux. Si l'attention est un critère de choix des animaux par exemple pour les performances en compétition, identifier l'impact de **caractéristiques extrinsèques** telles que les conditions de vie ou le travail sur les caractéristiques attentionnelles des chevaux permettra d'optimiser l'environnement offert au cheval pour favoriser son attention au travail et potentiellement son état de bien-être.

3.3 Objectif de l'étude

Notre problématique s'articule autour de deux axes : *i)* tenter de **caractériser l'attention du cheval domestique** sur la base d'une approche expérimentale couplée à des observations en conditions habituelles ; *ii)* identifier **les facteurs de modulation de l'attention** intrinsèques et extrinsèques.

Bien qu'il soit admis empiriquement que l'attention au travail varie d'un cheval à l'autre, nous ne disposions d'aucune mesure objective de cette capacité. Notre premier

objectif a été de **mettre en place de nouveaux tests expérimentaux pour caractériser l'attention du cheval.** Le développement et la validation des tests ont été effectués sur une population de 12 chevaux de même sexe vivant au même endroit (**Chapitre 3**). D'un point de vue fondamental, cette partie de l'étude permet de mettre en place une **méthodologie** nouvelle, simple et fiable grâce à sa validation dans différents contextes (*i.e.* contextes expérimentaux nouveaux, connus et contexte spontané au travail). Cette avancée méthodologique permet de comparer les chevaux à l'échelle individuelle et populationnelle. D'un point de vue appliqué le développement d'une méthodologie simple et non invasive, permet son utilisation dans divers sites et sur une plus grande variété de chevaux.

Notre second objectif était d'identifier les facteurs de modulation de l'attention chez le cheval domestique. Nous nous sommes dans un premier temps interrogés sur **l'impact de facteurs environnementaux sur l'attention des chevaux**. Les caractéristiques attentionnelles de quatre populations de chevaux vivant dans des conditions différentes ont été évaluées à l'aide du test d'attention visuel développé pendant cette étude (**Chapitre 4**). Cette partie de l'étude a de claires implications au niveau fondamental, en termes d'identification des facteurs prédominants modulant l'attention et en termes d'identification « du sens » de modulation des caractéristiques attentionnelles (*e.g.* augmentation des durées d'attention *versus* diminution des durées d'attention). Cette étude a aussi un fort intérêt d'un point de vue appliqué, en termes de gestion et d'optimisation des conditions de vie (en particulier le travail) pour promouvoir l'attention du cheval.

Nous nous sommes dans un second temps interrogés sur **l'impact de facteurs intrinsèques sur l'attention des chevaux**. Au sein des populations étudiées, l'impact du sexe, de la race, de l'âge et de l'état de bien-être/mal-être a été exploré (**Chapitre 4 et 5**). Cette partie de l'étude permet d'un point de vue fondamental, d'identifier l'impact des caractéristiques propres aux individus sur une capacité cognitive importante comme l'attention. Une altération et/ou des modifications de l'attention pourraient être considérés comme des indicateurs de l'état de mal-être *per se* chez l'animal. D'un point de vue appliqué, cette partie de l'étude ouvre des pistes de réflexion sur l'adaptation des séances d'entrainement en fonction du sexe ou de la race des chevaux, mais aussi sur la gestion et l'optimisation des conditions de vie pour limiter une altération du bien-être des chevaux et ainsi promouvoir leur attention.

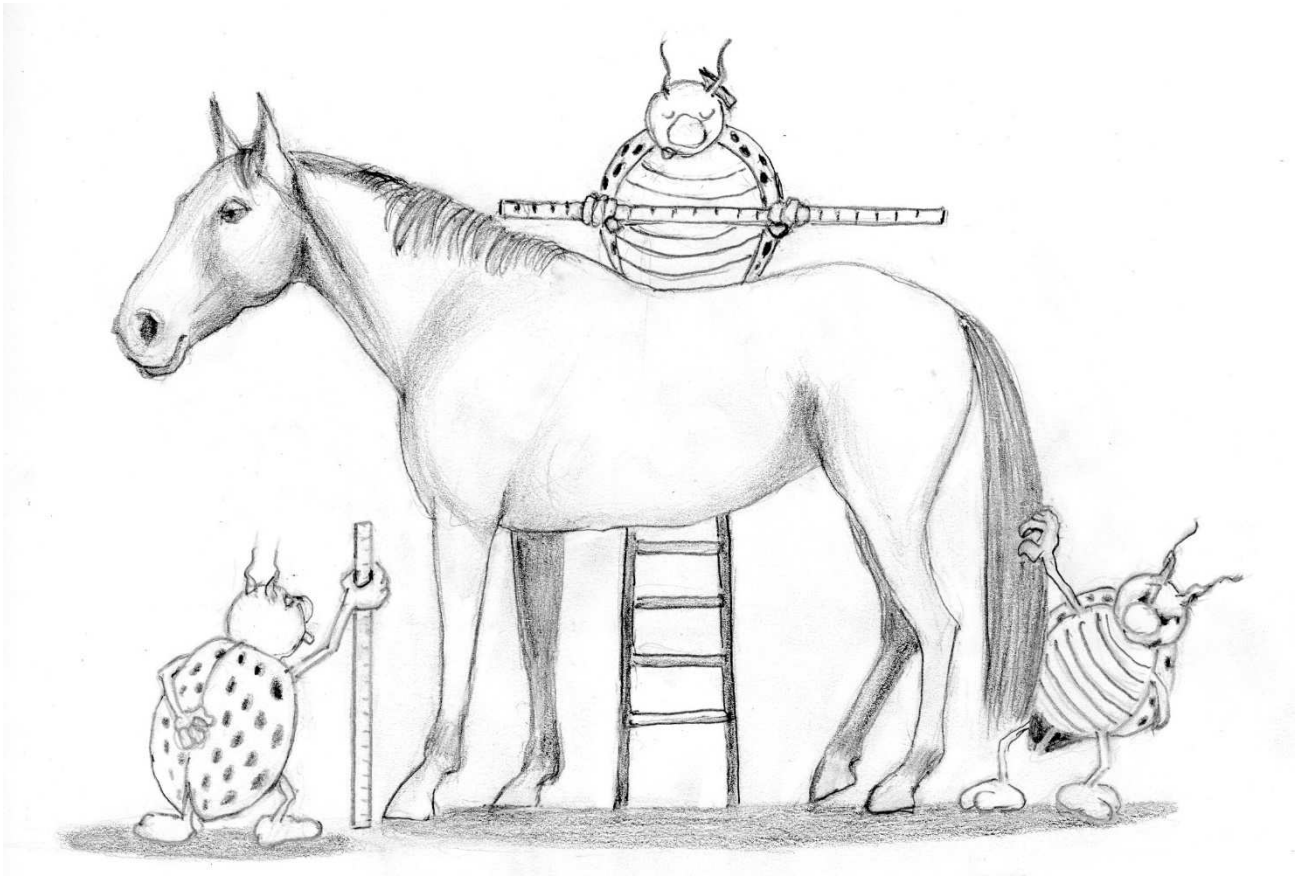
A l'issue de l'exploration de l'impact de facteurs environnementaux sur l'attention des chevaux, le travail est apparu comme un facteur de modulation prédominant. Nous nous sommes donc interrogés sur **les relations entre les caractéristiques attentionnelles des chevaux en contexte expérimental et ces caractéristiques dans divers contextes de travail**. Les caractéristiques attentionnelles des chevaux en contexte expérimental ont été mises en relation avec leur caractéristiques attentionnelles en contexte d'équitation et notamment en compétition (**Chapitre 5**). Cette partie de l'étude permet d'évaluer la stabilité des caractéristiques attentionnelles entre un contexte expérimental et différents contextes spontanés tels que des leçons d'équitation ou la participation à des compétitions. D'un point de vue appliqué, prédire l'attention des chevaux au travail *via* l'utilisation au préalable de tests expérimentaux permet d'aiguiller les utilisateurs lors du choix d'un animal pour la pratique de l'équitation.

A l'issue de ces différentes études, il est apparu que certains chevaux étaient plus attentifs que d'autres et ce, en contexte expérimental ainsi qu'en contexte de travail. Nous nous sommes donc interrogés sur **les actions que l'homme peut mener pour promouvoir l'attention des chevaux au travail** et sur les outils que l'homme pouvait utiliser pour améliorer l'attention des chevaux dans un contexte d'entrainement (**Chapitre 6**). Ces travaux s'inscrivent dans un cadre de recherche visant à identifier les liens entre l'émotion véhiculée par le stimulus (renforcement), les variations d'attention engendrée par cette émotion et les capacités d'apprentissage chez le cheval. D'un point de vue appliqué, ces études permettent l'identification d'outils simples pour les utilisateurs de chevaux afin de promouvoir l'attention de leurs animaux au travail.



Chapitre 2

Méthodologie générale



2. METHODOLOGIE GENERALE

Cette partie présente le modèle biologique et les caractéristiques des animaux utilisés, ainsi que les méthodes générales d'investigation employées. Les protocoles propres à chaque thématique abordée seront détaillés dans chacun des chapitres correspondants.

1. L'espèce cheval

1.1. Statut phylogénétique

Le cheval domestique (*Equus caballus*) appartient à l'ordre des Périssodactyles (à nombre impair de doigts) caractérisé par un élargissement du pied, la persistance du tube maxillaire sur le crâne et à l'implantation des molaires (Bowling & Ruvinsky, 2000). Cet ordre comprend les chevaux, les tapirs et les rhinocéros. Le cheval domestique fait partie de la famille des Equidés, regroupant les chevaux, les ânes et les zèbres. Il appartient au genre *Equus*, qui comprend actuellement 2 espèces domestiques, dont l'âne domestique (*Equus asinus*), et 7 espèces sauvages réparties en Afrique et en Asie, parmi lesquelles le Kiang (*Equus khiang*), les ânes sauvages d'Afrique (*Equus africanus*) et d'Asie (*Equus hemionus*), le zèbre des plaines (*Equus burchelli*), de montagne (*Equus zebra*) et le zèbre de Grévy (*Equus grevyi*) (Waring, 2003). Le cheval domestique est proche de l'espèce sauvage, *Equus ferus przewalskii* (cheval de Przewalski) (Waring 2003).

1.2. Evolution

L'évolution des Equidés a débuté il y a plus de 55 millions d'années en Amérique et en Eurasie. Le plus ancien périssodactyle *sensu stricto* est *Hyracotherium,* de la base de l'Eocène d'Europe et d'Amérique du Nord (-53 M.A.) (Fig. 1.). *Hyracotherium* mesurait entre 25 et 50 cm au garrot et pesait 5 à 10 kilos. Il se nourrissait de feuillages, de graines et de fruits et était doté de membres graciles avec des pieds à coussinets comportant 4 doigts aux antérieurs et 3 aux postérieurs. Le genre *Equus* est apparu au Pléistocène (-3.5 M.A.) sur le

continent nord-américain, puis a migré en Asie, en Europe, en Afrique du Nord et en Amérique du Sud (McFadden 1992, cité par Waring 2003). Il a disparu du continent américain à la fin du Pléistocène (~ 10 000 ans), mais a survécu et s'est diversifié en Asie, en Europe et en Afrique, donnant ainsi naissance aux chevaux, ânes et zèbres actuels.

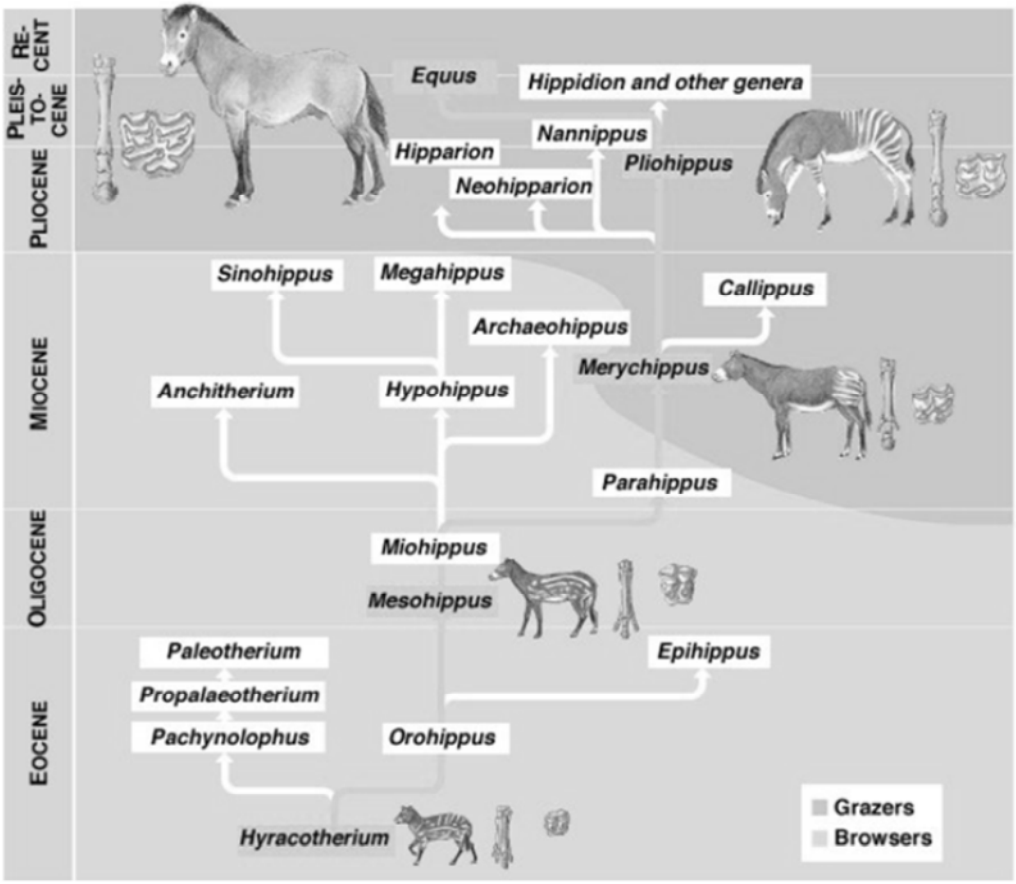


Figure 1 : *Arbre évolutif des équidés depuis 55 milions d'année. Les premiers représentants de la famille avaient trois doigts et mangeaient des arbustes (browsers), alors que les équidés actuels ne possèdent qu'un seul doigt et consomment de l'herbe (grazer).*

1.3. ***Répartition géographique***

Aujourd'hui, les populations d'équidés sauvages sont en nette régression : sur les 7 espèces sauvages, 5 sont en danger d'extinction (source: UICN). Eteint à l'état naturel, le cheval de Przewalski n'a survécu en tant qu'espèce que grâce à la reproduction en captivité. D'importants efforts de conservation sont toutefois fournis depuis ces dernières années pour promouvoir des projets de réintroduction, dont trois ont actuellement vu le jour en Mongolie. Les chevaux domestiques ont été introduits par l'homme sur l'ensemble des continents. Il existe par ailleurs, à différents endroits du monde, des populations de chevaux issus du marronnage, *i.e.* des chevaux d'origine domestique retournés à l'état sauvage (*e.g.* mustangs

de l'Ouest américain, brumbies australiens) ou vivant en semi-liberté (*e.g.* chevaux de race Camargue dans le sud de la France, Pottoks du pays basque). D'autres populations domestiques sont gérées de manière naturaliste telle que les Konik polonais, race jugée proche génétiquement des chevaux tarpans, espèce éteinte qui vivaient à l'état sauvage en Europe de l'est. L'étude de ces populations a permis d'appréhender les caractéristiques générales de l'espèce.

1.4. ***« Umwelt » du cheval***

Le « monde sensoriel de l'espèce » ou « Umwelt » permet de comprendre comment des organismes partageant le même environnement peuvent néanmoins percevoir des stimuli différemment (Von Uexküll, 1965).

1.4.1. Le système visuel

Le système visuel du cheval est adapté à une vision diurne et crépusculaire (Hanggi & Ingersoll, 2009b) de par sa proportion plus élevée de bâtonnets par rapport aux cônes (ratio 9 :1 ; François *et al.*, 1980) et la présence d'un *tapetum lucidum* (*i.e* couche réfléchissante située au fond de l'œil) (Ollivier *et al.*, 2004). Les bâtonnets permettent de détecter les nuances de gris et sont sensibles aux mouvements alors que les cônes permettent de distinguer les couleurs et les contrastes (Hebel, 1976 ; Harman *et al.*, 1999). Ainsi, Timney & Keil, (1992) ont constaté que, dans la situation expérimentale standardisée de Snellen l'acuité visuelle des chevaux était d'environ 20/30 sur l'échelle de Snellen (*i.e.* tableau comprenant des formes, des lettres de différentes tailles, typiquement utilisé par les professionnels chez l'homme pour mesurer l'acuité visuelle), par comparaison à un être humain "standard" (20/20), ou aux chiens (20/50) ou aux chats (20/75-20/100) (Hanggi & Ingersoll, 2012). La discrimination des couleurs chez le cheval est encore controversée, mais les chevaux sembleraient être dichromates et distinguer le vert et le rouge de la couleur grise mais avec plus de difficulté que pour distinguer le bleu et le jaune de la couleur grise (Blackmore *et al.*, 2008). Le cheval possède l'œil le plus large parmi toutes les espèces vivantes. Ses yeux ont une position latérale sur le crâne, chaque œil bouge de manière synchronisée avec l'autre via des muscles du globe oculaire. Chaque œil a un champ visuel horizontal de 215 ° permettant une vision panoramique de l'environnement. Un chevauchement du champ visuel de chaque œil permet un champ binoculaire de 60-70° (Duke-Elder, 1958; Hughes, 1977) (Fig. 2). Les

chevaux peuvent réorienter leur champ binoculaire en élevant, tournant ou étendant la tête. Le champ visuel vertical de chaque œil est de 178° (Hughes, 1977, Roberts, 1992). Une zone aveugle se trouve au niveau de la queue et au niveau du front du cheval, mais est dépendante de la position de la tête de l'animal (Fig.2)

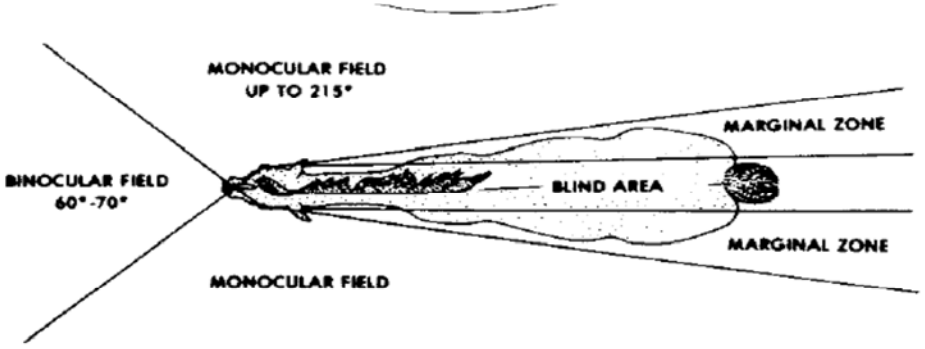


Figure 2: *Champ visuel du cheval, avec les champs monoculaires droits et gauches allant jusqu'à 215°, le champ binoculaire de 60 à 70° et la zone aveugle derrière la tête du cheval si celle-ci reste droite. D'après Waring (2003).*

1.4.2. Le système auditif

La grande mobilité des oreilles implique que le pavillon des oreilles peut s'orienter en tous sens, indépendamment l'un de l'autre. Le cheval dont l'attention peut être attirée par un léger bruit commence fréquemment par faire pivoter le pavillon de l'une de ses oreilles sans nécessairement tourner la tête. Il existe cependant un réflexe global d'orientation, se traduisant par des mouvements associés des yeux et de la tête (Basile *et al.*, 2009). Les premiers travaux sur la perception auditive des chevaux ont montré que ceux-ci répondaient à des sons purs (*i.e.* sons ayant une fréquence unique sans changement d'amplitude) ayant des fréquences allant jusqu'à 25kHz (Ödberg, 1978). La cochlée des chevaux est constituée de 2.5 tours en spirale. Les fréquences audibles sont comprises entre 0.20-22 kHz à 30 dB SPL et 0.05-33.5 kHz à 60 dB SPL (Heffner & Heffner, 1983a) (Fig. 3). Le maximum de sensibilité auditive est compris entre 1 et 16kHz (Heffner & Heffner, 1983b). Les capacités de localisation des sons en utilisant seulement le système auditif sont faibles chez le cheval, les chevaux ne localisent bien les sources sonores que s'ils y associent la recherche visuelle (Heffner, 1997). Les chevaux ont en particulier à détecter les vocalisations des congénères dont la fréquence est comprise entre 300 Hz (gémissement ou « *groan* ») à 4 KHz (hennissement) (Leblanc & Weiss, 2013). Par ailleurs, les chevaux s'appuient sur une représentation globale et multi sensorielle (*i.e.* modalité visuelle et auditive) pour reconnaitre des congénères familiers (Proops *et al.*, 2009).

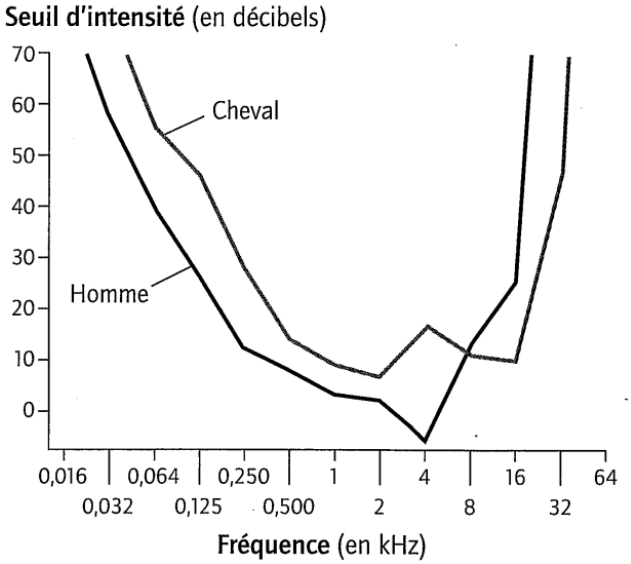


Figure 3 : *Audiogramme du cheval (i.e. courbe de variation d'audibilité des sons en fonction de leur intensité et leur fréquence). Les lettres indiquent les différents individus testés dans l'étude de Heffner & Heffner (1983b).*

1.4.3. La perception tactile

La perception tactile s'étend sur toute l'étendue de peau du cheval (Waring, 2003). Il apparait que les lèvres, le bout du nez, les paupières, l'intérieur et le tour des oreilles sont particulièrement sensibles (Talukdar *et al.*, 1972, cité par Waring, 2003). Testée de manière expérimentale à l'aide d'un filament de Von Frey (*i.e.* filament calibré pour délivrer une force spécifique sur la peau et communément utilisé pour évaluer la douleur d'une cicatrice), cette sensibilité tactile apparaît à 0.008 grammes au niveau du garrot du cheval (Lansade *et al.*, 2008). Ceci est en accord avec l'observation de réactions des chevaux (ex frémissement) lorsqu'un insecte se pose sur la peau du cheval. Il est à noter que ces mesures, qui témoignent de la réactivité sensorielle, peuvent être altérées par l'état de mal être du cheval : des chevaux au syndrome « dépressif » réagissent à des seuils plus élevés, ce qui n'implique pas nécessairement qu'ils ne le perçoivent pas (Fureix *et al.*, 2012a).

Dans un contexte d'interactions avec des congénères, les principales stimulations tactiles ont lieu entre la mère et le poulain dans les heures postnatales (Henry *et al.*, 2009) ou lors de toilettages mutuels qui sont peu fréquents dans le budget d'activité du cheval et principalement exprimés lors de période de mue (Boyd *et al.*, 1988).

1.4.4. Perception chimique

L'organe voméro-nasal du cheval lui permet de percevoir de multiples odeurs. La sollicitation de l'organe voméro-nasal semble être facilitée par l'expression d'un comportement caractéristique appelé flehmen : après avoir senti une source d'odeur, le cheval relève la tête, en étendant l'encolure, avec une posture d'oreilles sur le côté, et retrousse fortement la lèvre supérieure qui découvre les dents et la gencive (Konig *et al.*, 2005). Le flehmen est observé dans des contextes de communication intra-spécifiques, notamment pour détecter des phéromones mais aussi lorsque les chevaux sont confrontés à une odeur inconnue non sociale (Saslow, 2002). La perception d'odeurs est impliquée lors d'investigations sociales tels que :

- des flairages mutuels (*e.g.* naso-nasal) (Feh, 2005)
- des marquages olfactifs (*e.g.* crottins des étalons, marquages urinaires, zone ou les chevaux se roulent (Salter & Hudson, 1982; Feist & McCullough, 1976; Boyd & Keiper, 2005)
- des comportements reproducteurs (*e.g.* flairage des différentes zones du corps de la jument par l'étalon (Keiper, 1985)
- la parturition et la relation mère / jeune (*e.g.* flairages du poulain Henry *et al.*, 2006)

Expérimentalement, il a été montré que les chevaux distinguent des odeurs d'origines végétales ou animales (*e.g.* anis, coriandre, cumin, curry, excrément de cochon, de loup ou de tigre) (Bonde & Goodwin, 1999), et qu'ils passent plus de temps à flairer de la nourriture imprégnée d'urine de « prédateurs » (*i.e.* lion et loup) plutôt que d'urine de congénère non familier (Christensen & Rundgren, 2008).

La perception gustative du cheval a été explorée *via* des tests de choix où par exemple les chevaux peuvent être confrontés à des récipients contenant des solutions sucrées, salées, acides et amères (Randall & Church, 1978). Une forte variabilité interindividuelle a été observée dans cette étude, mais une faible préférence a été identifiée pour la solution sucrée et une aversion pour la solution acide. Goodwin *et al.*, (2005), ont évalué les préférences des chevaux en fonction de la composition de leur alimentation. Les chevaux n'ont pas consommé l'aliment lorsque celui-ci contenait des flaveurs d'échinacée, de noix de muscade et de coriandre. A l'inverse les chevaux ont consommé rapidement l'aliment lorsqu'il contenait de la banane. Cette étude indique que les chevaux ont bien des préférences gustatives.

1.5. ***Capacités cognitives du cheval***

L'environnement naturel du cheval est variable et imprédictible (*e.g.* changement de localisation des prédateurs ou des ressources alimentaires), impliquant des capacités cognitives développées pour s'adapter (Nicol, 2005). Les chevaux semblent structurer leur domaine vital en se construisant une carte cognitive qui leur permet de s'adapter aux caractéristiques de l'environnement (*e.g.* point d'eau, zone de ressource alimentaire) (Leblanc & Weiss, 2013). Dans un environnement domestique, le cheval est aussi confronté quotidiennement à des tâches cognitives (*e.g.* apprendre des comportements non naturels) (Hanggi, 2005).

L'évaluation des capacités cognitives du cheval en contexte expérimental a pu confirmer l'existence de processus cognitifs élaborés chez cet animal. Les chevaux sont capables d'avoir une « représentation mentale ». Uller & Lewis, (2009) ont montré que des chevaux à qui on présente l'introduction de deux pommes dans un récipient dont ils ne voient pas le contenu et trois pommes dans un autre, se dirigent spontanément, sans apprentissage préalable, vers ce dernier. Les auteurs suggèrent donc une conservation en mémoire de travail de la représentation des quantités de pommes déposées dans les récipients.

Les chevaux sont capables de discriminer des indices spatiaux (Nicol, 2002), des objets (*e.g.* des boites : Gardner, 1937 ; des seaux : Sappington *et al.*, 1997; des portes : Mader & Price, 1980), mais aussi des formes (Hanggi & Ingersoll, 2009b). La discrimination de stimuli peut ensuite permettre leur catégorisation où leur généralisation, définie comme des formes d'apprentissage (Sappington *et al.*, 1997), où un animal est capable de former des associations pour une large gamme de stimulus se ressemblant, ce qui suppose une représentation en mémoire. La catégorisation est considérée comme la base d'importantes fonctions cognitives et possède un caractère adaptatif important (Nicol, 1996). Les chevaux sont capables de catégoriser des formes, des lettres ou des icônes (Fig. 4) (Hanggi, 1999).

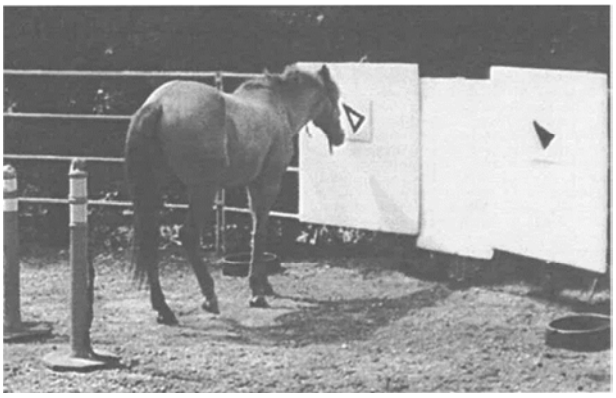


Figure 4 : *exemple de catégorisation de formes chez le cheval. D'après Hanggi, 1999.*

Les chevaux ont aussi été évalués lors d'autres tests d'apprentissages individuels, montrant des performances d'apprentissage spatial en utilisant un labyrinthe en T (Heird *et al.,* 1986). En outre, ces études ont permis d'évaluer la mémoire des chevaux, mettant en évidence l'existence d'une mémoire à long terme dont la durée maximale diffère en fonction des études. Par exemple, Marinier & Alexander, (1994) ont montré que des chevaux avaient parfaitement mémorisé un labyrinthe appris une semaine plus tôt. Wolff & Hausberger, (1996) ont démontré que des chevaux ayant réussi lors d'une tâche de détour ou lors d'une tâche instrumentale (*i.e.* ouverture d'une boîte pour s'alimenter) avaient retenus le fonctionnement de la tâche un mois plus tard. Plus récemment certains auteurs ont démontré une capacité à se souvenir de tâches de catégorisation d'objets ou de formes après 7 à 10 ans (Hanggi & Ingersoll, 2009a). Ces études ont aussi mis en évidence un impact de facteurs intrinsèques comme le sexe (Wolff & Hausberger, 1996), la race (Mader & Price, 1980 ; Lindberg *et al.,* 1999 ; Wolff & Hausberger, 1996) ou l'origine génétique (Wolff & Hausberger, 1996, Hausberger et al 2004) sur les capacités d'apprentissage et de mémorisation du cheval. Cependant, l'impact du sexe des chevaux sur leurs performances d'apprentissage s'avère être différent en fonction de la tâche : les juments réussiraient mieux lors d'une tâche d'apprentissage spatial mais pas lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (Wolff & Hausberger, 1996).

Une seule étude a tenté d'évaluer les capacités attentionnelles des chevaux en mesurant le temps d'attente maximum pour obtenir une récompense alimentaire (Rapin *et al.,* 2007). Ce temps d'attention caractérisait, selon les auteurs, l'attention portée vers le dispositif pour obtenir une récompense alimentaire. La durée maximum d'attention moyenne était de 11 secondes et des différences d'attention en fonction de l'âge des chevaux ont été identifiées.

Les chevaux peuvent avoir une représentation multi-sensorielle ou multimodale de leurs congénères. Proops *et al.,* (2009) ont utilisé un paradigme de « violation des attentes » (*i.e.* familiarisation d'un individu à une situation, puis après un délai, l'individu se retrouve face à une situation incongruente par rapport à la première situation montrée), se basant sur la présentation visuelle d'un cheval et la diffusion de hennissements. Les stimuli visuels et auditifs pouvaient être présentés de manière congruente (*i.e.* le hennissement du cheval présenté visuellement était diffusé) ou incongruente (*i.e.* le hennissement d'un autre cheval que celui présenté visuellement était diffusé). Lors de violation des attentes (situation de non-congruence), les chevaux répondaient plus rapidement et regardaient plus souvent et plus longtemps vers l'endroit où le cheval avait été présenté visuellement, suggérant une intégration multimodale d'informations concernant l'identité des animaux (Proops *et al.,* 2009). Les quelques travaux réalisés sur l'apprentissage social chez le cheval n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence d'un réel apprentissage par observation. Les chevaux ne semblent pas réussir mieux, après observation d'un modèle, des tâches liées à la nourriture, comme la discrimination entre deux seaux de couleur différente (Baker & Crawford, 1986; Clarke *et al.,* 1996) ou l'ouverture d'une boîte à l'aide d'une pédale, qui nécessite l'acquisition de nouveaux patterns comportementaux (Lindberg *et al.,* 1999). Cependant, les individus qui ont pu observer le démonstrateur se diriger vers les seaux pour manger, arrivent plus vite dans la zone test, où se trouve la nourriture (accentuation locale). Il semble donc que les observateurs reçoivent quelques informations sur la localisation générale de la nourriture, suite à la démonstration du modèle (Clarke *et al.,* 1996).

1.6. ***Caractéristiques comportementales de l'espèce en milieu naturel***

1.6.1. Structure sociale

Le cheval est une espèce sociale dont la structure de base est celle du groupe familial, constitué typiquement d'un ou deux étalons, d'une à trois juments et de leur progéniture de l'année et de l'année précédente (Feh, 2005 ; Feist & McCullough, 1976 ; Klingel, 1981). Les harems peuvent comprendre de 2 à 20 individus mais la taille moyenne du groupe est plus généralement de 10 individus. Les jeunes des deux sexes quittent le groupe natal en moyenne à l'âge de 2 ans (Boyd & Keiper dans Mills & McDonnell, 2005;Rutberg & Keiper, 1993; Monard & Duncan, 1996). Les femelles rejoignent généralement un harem existant ou un

étalon célibataire pour former un nouveau groupe familial ; les mâles rejoignent le plus souvent un groupe de mâles célibataires (dépassant rarement 7 individus) (Boyd, 1988). Il existe également des groupes peu stables de sub-adultes mixtes non reproducteurs ainsi que des mâles solitaires (Waring 2003).

1.6.2. Organisation sociale

Cette vie sociale a nécessité la mise en place d'une organisation claire, majoritairement établie sur des relations affinitaires et une hiérarchie stable (Houpt *et al.*, 1978). La hiérarchie n'est pas nécessairement linéaire, et peut comporter des triangulations. Les facteurs influençant le rang de dominance sont l'âge (Tyler, 1972; Feist & McCullough, 1976; Wells & Goldschmidtrothschild, 1979; Houpt & Keiper, 1982), la taille (Tyler, 1972), le sexe (Tyler, 1972; Feist & McCullough, 1976), l'ancienneté dans le groupe (Tyler, 1972; Monard & Duncan, 1996) et pour les jeunes le rang de dominance de la mère (Feh, 1999). L'organisation sociale est telle qu'en conditions de ressources disponibles, comme à l'état naturel, la hiérarchie est très peu exprimée et les comportements agressifs sont rares (Fureix *et al.*, 2012b).

De fait, les relations affinitaires, le plus souvent entre deux individus, constituent la partie la plus visible, en conditions naturelles, de l'organisation sociale (Waring, 2003). Durant toute sa vie et indépendamment de la taille de son groupe, un cheval a un ou deux, rarement trois partenaires sociaux préférés avec qui il tend à rester à proximité la majorité de son temps (Feh, 2005). Les relations affiliatives, sont caractérisées non seulement par la proximité des partenaires mais aussi par davantage de contacts positifs, dont les investigations sociales et les toilettages mutuels (Feh & de Mazières, 1993; Feh, 2005; Boyd & Keiper, 2005). Enfin, selon Feh & DeMazières (1993), le toilettage mutuel permettrait de diminuer les tensions sociales au sein du groupe et entrainerait une diminution du rythme cardiaque de l'individu toiletté. Les processus attentionnels constituent une partie intrinsèque la vie sociale, elle permet la discrimination, la reconnaissance et la catégorisation des congénères. Dans un groupe stable, cela peut permettre de connaitre le statut des différents membres du groupe, donc d'ajuster ses réponses, de percevoir et répondre de façon appropriée aux signaux de communication des congénères.

1.6.3. Communication

Cette vie sociale a en effet nécessité la mise en place de moyens de communication permettant d'informer en permanence les autres membres du groupe. La communication se fait par différents canaux : acoustiques (Lemasson *et al.*, 2009), tactiles (Feh & de Mazières 1993), olfactifs (Saslow, 2002), et surtout visuels (Waring 2003). Une grande variété de postures, allant d'allures très redressées (tête et queue hautes) à des attitudes très rabaissées (port de tête bas, queue plaquée) peuvent être adoptées pour refléter l'état interne du cheval. La communication visuelle du cheval se base aussi sur des signaux subtils que ce soit au niveau de la position des oreilles, des mouvements de bouche ou des naseaux combinés à des mouvements de tête et une tension du corps permettant de transmettre des messages allant de la menace à une intention d'interaction positive (*e.g.* grooming) (Waring, 2003). Cette communication nécessite une attention sélective fine vers les signaux de communications émis par les différents individus du groupe. Lors de communication vocale, les chevaux sont capables de discriminer et reconnaitre les vocalisations de congénères en fonction de leur degré de familiarité (Lemasson *et al.*, 2009). De fait, les vocalisations telles que les hennissements peuvent être porteuses d'indices acoustiques propres à l'émetteur et d'informations telles que la taille, le sexe. Les chevaux procèdent à une catégorisation de ces congénères, impliquant leur représentation « en mémoire ». En d'autres termes, les chevaux font preuve d'apprentissage social des caractéristiques vocales et d'une mémorisation à long terme des différents degrés de lien sociaux, potentiellement sous-tendus par des processus attentionnels (Lemasson *et al.*, 2009).

1.6.4. Budget temps

Sur 24 heures, les chevaux consacrent en moyenne 15 à 16 heures à s'alimenter, soit 60 à 80 % de leur budget-temps, 5 à 6 heures à se reposer, 2 à 3 heures à se déplacer et 2 à 3 heures à surveiller l'environnement. Les activités sociales et autocentrées ne représentent que 1 à 2 % du budget temps (Salter & Hudson, 1979, Waring 2003). Cette répartition temporelle des activités varie selon l'environnement, la saison, l'âge et le sexe de l'animal (Boyd & Keiper 2005).

Le cheval peut être amené à« surveiller » l'environnement dans sa diversité (présence et distance des congénères, stimulations diverses, danger, prédateur…) engageant ainsi des processus attentionnels de différents niveaux. En fonction des stimuli (*e.g.* sons familiers, partenaires sociaux, prédateurs), l'attention vers des stimuli environnementaux peut

s'exprimer par un simple mouvement d'oreille vers un stimulus ou aller jusqu'à déclencher un état d'alarme (Kiley-Worthington, 1976). L'attention du cheval vers un stimulus est caractérisée par une orientation des différents organes sensoriels en avant (Waring, 2003) (Fig. 5). Les oreilles sont dressées et tournées vers l'avant. Les yeux sont dirigés vers l'avant et le champ binoculaire est utilisé. L'angle tête/encolure est ajusté pour faciliter l'utilisation des récepteurs sensoriels. Une encolure relevée accompagnée d'une flexion de la tête est observée lors d'attention visuelle à distance, alors qu'une extension de la tête et de l'encolure a lieu lors d'investigations olfactives ou tactiles de stimuli proches. Les naseaux sont modérément dilatés et la bouche est généralement fermée (Waring, 2003).



Figure 20.3: Expressions of forward attention. (Waring and Dark 1978)

0 and 0-5	Horse standing or moving in alert manner.
0-1-2-3-4	Investigation or manipulation of material on or near the ground.
4-3-2-1-0	Ceasing of feeding to observe something in the surroundings.
0-5-6-1 and 0-1	Inspection, such as naso-nasal greeting or when handed food.
0-5-6-7	Sexually aroused stallion or horse activated while on a halter line.
0-8-9-10 and 0-8-11-12	Displayed during energetic locomotion (tail often elevated).
8-9-10	Horse actively avoiding an object on or near the ground; horse yielding to bit pressure.
0-8-11-12	Horse approaching a jump.

Figure 5 : *Expression d'attention orientée vers l'avant chez le cheval, d'après Waring & Dark, 1978.*

0 et 0-5	*Cheval immobile ou en mouvement vigilant.*
0-1-2-3-4	*Exploration ou manipulation d'objet sur ou près du sol.*
4-3-2-1-0	*Arrêt de l'activité alimentaire pour observer quelque chose dans l'environnement.*
0-5-6-1 et 0-1	*Exploration (e.g. flairage naso-nasal ou exploration alimentaire).*
0-5-6-7	*Etalon sexuellement excité ou cheval actif tenu en main.*
0-8-9-10 et 0-8-11-12	*Cheval en locomotion ou vigilant (la queue est souvent relevée).*
8-9-10	*Cheval qui évite activement un objet*
0-8-11-12	*Cheval approchant un saut*

Dans sa vie quotidienne le cheval peut « scanner son environnement » (*i.e.* comportement d'**observation** : l'animal est immobile et observe avec des balayages de

l'encolure et de la tête). Quand un stimulus présente un intérêt particulier, le cheval va orienter son attention, généralement visuelle, vers lui : il regarde fixement dans sa direction (*i.e.* **« regard »)**. Si un stimulus est identifié comme un danger potentiel, le regard fixe sera accompagné d'une posture de tête élevée, un relèvement de l'encolure et de la queue caractéristiques de la **vigilance** c'est-à-dire d'un état d'**alerte** (Kiley-Worthington, 1976). La présence de poulains nouveaux nés peut augmenter la fréquence d'apparition des comportements de vigilance (Berger & Rudman, 1985, cité par Boyd & Keiper, 2005). Si le stimulus est perçu comme non dangereux, le cheval pourra soit reprendre ses activités soit se diriger vers le stimulus (*i.e.* **exploration**). Dans le cas contraire, il pourra passer à un état **d'alarme** impliquant une fuite, des yeux grand ouverts, des naseaux dilatés, une posture de queue en panache, du snorting (*i.e.* soufflement fort, bruyant et succinct). (Waring, 2003). Ce gradient d'attention sera traduit par des composantes locomotrices et posturales (*e.g.* Wolff *et al.*, 1997).

1.6.5. Régime alimentaire

Le temps passé à manger est particulièrement fonction de la qualité et de la quantité de nourriture disponible et des dépenses énergétiques (gestation, lactation…). Il y a plusieurs séquences alimentaires par jour intercalées par des périodes de repos et d'autres activités (comportement de maintenance, social ou de reproduction). Le cheval est connu pour être un herbivore au pâturage très hétérogène. Il peut montrer des préférences pour certaines plantes et en éviter d'autres, impliquant potentiellement des processus attentionnels. Son mode d'alimentation crée des zones de pelouse très rases broutées intensément, et des zones de refus, où l'herbe est plus haute. Il présente un régime alimentaire riche en fibres, très diversifié (graminées, pousses d'arbustes, feuilles, baies, plantes aquatiques…), mais d'une valeur énergétique faible (Slade *et al.* 1970, cité par Salter & Hudson 1979). Le cheval est donc capable d'identifier et de discriminer ses ressources alimentaires suggérant l'utilisation de processus attentionnels.

1.6.6. Domaine vital et déplacement

Le cheval évolue au sein d'un domaine vital : il s'agit d'une aire géographique sur laquelle il va trouver de quoi satisfaire ses besoins essentiels (nourriture, eau, abris, partenaires sexuels). La taille du domaine varie notamment en fonction de la disponibilité des ressources. Ainsi, les domaines vitaux peuvent couvrir jusqu'à 300 km² dans certaines régions arides des Etats-Unis. La taille des domaines vitaux peut impliquer une attention et une

mémorisation des lieux fonctionnels tels qu'un point d'eau ou une zone de ressource alimentaire. Les chevaux présentent une forte tendance à la mobilité : ils peuvent ainsi parcourir jusqu'à 16 kilomètres chaque jour pour rejoindre un point d'eau éloigné de leurs aires de pâturage (Feist 1971). La locomotion représente environ 3 à 13 % de leur budget-temps (*e.g.* chevaux Camargue : 5.5 à 12.7 %, Duncan, 1980; chevaux Konik : 3.5 %, Kownacki *et al.*, 1978; chevaux de Przewalski : 8.5 à 14.1 %, Boyd, 1988) et correspond essentiellement à des déplacements lents. Ainsi, l'alimentation, qui est l'activité prédominante du cheval, s'effectue le plus souvent au pas exploratoire pour faciliter la recherche de nourriture (1 pas toutes les 12 secondes en moyenne, Waring 2003). Les allures plus vives comme le trot et le galop sont beaucoup plus ponctuelles (*e.g.* 0.29 % du budget-temps, Duncan 1980) et principalement observées lors d'un événement stressant ou pendant les séquences de jeu (McDonnell & Poulin, 2002).

1.7. ***Le cheval en conditions domestiques***

Si le cheval joue encore un rôle économique important dans certains pays (bête de somme, moyen de transport, Pritchard *et al.*, 2005) son utilisation dans les pays industrialisés se répartit aujourd'hui entre l'équitation sportive et récréative (689044 licenciés en 2014 en France, source : Fédération Française d'Equitation), l'élevage et la production alimentaire (viande, lait) (Endenburg, 1999). Il existe actuellement plus de 200 races de chevaux et poneys domestiques, qui se distinguent par leur localisation géographique, leur morphologie, leur taille, leur tempérament et leur utilisation. De nombreux auteurs s'accordent à dire que la domestication a vraisemblablement entraîné très peu de modifications du répertoire comportemental et de la physiologie de l'espèce (Kiley-Worthington *et al.*, 1987; Waring, 2003). Par contre, certains comportements peuvent ne pas être exprimés, leurs durées ou leurs fréquences peuvent être modifiées, tandis que d'autres comportements non exprimés en situation naturelle peuvent émerger. Les conditions de vie offertes à l'animal semblent en partie avoir un impact conséquent sur la modification du budget d'activité du cheval (*e.g.* Benhajali *et al.*, 2008).

1.7.1. Domestication

Les premiers indices de domestication du cheval dateraient d'environ 6500 à 5500 ans en Ukraine et/ou 5700 à 5100 ans au Kazakhstan (Levine, 2005). La domestication du cheval aurait eu lieux bien après celles des canidés, ovins et bovins, mais les origines exactes sont encore relativement peu connues (Levine, 2005). Les chevaux auraient été utilisés pour leur viande, pour être montés (l'usure des prémolaires inférieures, inexistante sur les fossiles antérieurs à cette époque, attesterait de l'utilisation du mors) ou pour la traction. L'analyse d'ADN mitochondrial d'un grand nombre de chevaux a montré une forte diversité génétique qui, selon les auteurs ne peut être originaire que d'une seule population sauvage (Jansen *et al.*, 2002). Cette domestication semblerait donc s'être produite en différents endroits d'Eurasie.

1.7.2. Contexte social

Chez les chevaux domestiques, les conditions environnementales offertes par l'homme impliquent bien souvent des restrictions, voire des privations sociales (le logement en box individuel est commun à de nombreux établissements équestres). Or, l'environnement social pourrait jouer un rôle majeur dans le développement et le maintien de capacités cognitives comme l'attention (Posner & Rothbart, 1998; Cousillas *et al.*, 2006) mais aussi pour le bien-être des équidés domestiques. Par exemple, des juments vont choisir des boxes leur permettant un contact social (même faible) plutôt qu'aucun contact (Søndergaard *et al.*, 2011) ou des ânes, isolés socialement au cours de leur journée de travail interagissent prioritairement avec leurs congénères lorsqu'ils sont relâchés en fin de journée au pré, et ce avant même de se rendre au point d'eau (Swann, 2006). La restriction sociale est par ailleurs clairement identifiée comme facteur dans l'apparition d'indicateurs de mal-être tels que des stéréotypies chez les chevaux (*e.g.* (Mcgreevy *et al.*, 1995a; Bachmann *et al.*, 2003a; Cooper & Albentosa, 2005) ; voir aussi Mills 2005 pour une revue).

1.7.3. Hébergement

En condition domestique, le logement des chevaux implique bien souvent des restrictions spatiales : le mode de logement le plus commun (en particulier en centres équestres) est le box individuel de moins d' une dizaine de m^2. Les structures ouvertes de type paddock / pré offrent plus d'espace aux animaux, mais sont d'une taille relativement petite et comprennent moins de stimulations sensorielles par rapport au domaine vital en conditions naturelles chez cette espèce. Des capacités cognitives comme les capacités d'apprentissage

peuvent être altérées par les conditions de vie restreintes comme celles communément offertes aux chevaux (Lesimple *et al.*, 2011). On peut donc supposer qu'un environnement restreint comme le box peut moduler les patterns d'attention des chevaux par rapport à des animaux vivant au pré dans un environnement comprenant plus de stimulations sensorielles. Par ailleurs, la vie en box peut altérer l'état de bien-être des animaux, se traduisant par des activités modifiées (e.g. absence de repos couché) (Raabymagle & Ladewig, 2006), par des comportements d'agitation, de distraction et une agressivité lors des séances d'entrainement (Rivera *et al.*, 2002) et/ ou lorsque les chevaux sont lâchés au pré (Chaya *et al.*, 2006; Christensen *et al.*, 2002) par rapport à des chevaux vivant au pré. La restriction spatiale est par ailleurs un facteur important dans l'apparition des comportements stéréotypés (Mcgreevy *et al.*, 1995a; McGreevy *et al.*, 1995b; Bachmann *et al.*, 2003a, 2003b).

1.7.4. Alimentation

En condition domestique, le régime alimentaire des chevaux est souvent modifié, de par l'introduction d'aliments concentrés à forte valeur nutritionnelle, la quantité restreinte de fourrage (foin) et le nombre limité de repas par jour. Ces modifications de leur régime alimentaire ne permettent pas le maintien de stimulation attentionnelles pour distinguer la variété de végétaux présents en milieu naturel et peuvent altérer l'état de bien-être des chevaux. Par exemple, l'absence d'aliment *ad libitum* peut induire une augmentation de l'acidité dans l'estomac et favoriser ainsi le développement d'ulcères et autres dommages stomacaux (Nicol *et al.*, 2002). Par ailleurs, l'apport faible en fibres induit une diminution du temps consacré à s'alimenter par l'animal, et conséquemment une augmentation du temps consacré à d'autres activités (*e.g.* stéréotypies : (Gillham *et al.*, 1994; McGreevy *et al.*, 1995a ; Bachmann *et al.*, 2003a). Des poulinières maintenues en forte densité dans des paddocks dépourvus de fourrage présentent ainsi un pourcentage de temps consacré à l'alimentation inférieur à ceux rapportés dans la littérature et un pourcentage de temps supérieur en locomotion (marche active), en repos et en vigilance (Benhajali *et al.* 2008). L'apport de fourrage permet de rééquilibrer le temps consacré à ces différentes activités (augmentation du temps d'alimentation et diminution du temps en locomotion, en repos et vigilance) (Benhajali *et al.*, 2009, 2014). De façon similaire, une augmentation de la diversité alimentaire (mettre à disposition plusieurs types de fourrage) augmente le temps passé en alimentation et permet de diminuer le temps passé à stéréotyper, à observer l'environnement et à se déplacer dans le box (Ninomiya *et al.*, 2004, 2007; Thorne *et al.*, 2005), rapprochant ainsi le budget-temps observé de celui des chevaux en condition semi-naturelle.

1.7.5. Interaction et relation à l'homme

Dans le cadre particulier des animaux domestiques, l'homme est un élément majeur de l'environnement, son comportement à l'égard de l'animal et les conditions de vie qu'il lui offre va influencer l'animal en général (Waiblinger *et al.,* 2006; Hausberger *et al.*, 2008).
La signification que le cheval peut attribuer à l'homme peut être (i) positive si l'homme est reconnu comme une source d'émotion positives, (ii) neutre ou encore (iii) négative si l'homme est identifié comme une source de stress (Hausberger *et al.,* 2008). La perception que l'animal a de l'homme va se traduire sur le plan comportemental par des réactions différentes, telles que des approches et une recherche de contact traduisant dès lors une perception plutôt positive ou telles que des évitements, voire des réactions agressives traduisant alors une perception négative (Fureix *et al.,* 2009; Hausberger *et al.,* 2008). La relation (*i.e.* lien qui émerge d'une série d'interactions, Hinde, 1979) entre l'homme et le cheval a toujours été identifiée comme positive lorsque la présence humaine était associée à des stimuli positifs comme de la nourriture (Sankey *et al.*, 2010b, 2010a, 2010c).

Les relations homme-animal offrent un cadre « semi-expérimental » pour tester l'attention. En effet, de nombreuses études récentes mettent en évidence une sensibilité des chevaux aux indices émis par l'homme. Pour localiser des ressources alimentaires, effectuer des choix, les chevaux sont capables d'utiliser des indices émis par l'homme comme source d'information, tels que les gestes (*e.g.* pointage), l'orientation du corps, de la tête et des regards (McKinley & Sambrook, 2000 ; Maros *et al.*, 2008 ; Proops & McComb, 2010). Les chevaux semblent aussi sensibles au positionnement et au contact visuel de l'homme lors d'une interaction (André *et al.,* subm). Les chevaux sont capables de discriminer entre une personne familière et non familière en ayant une représentation multimodale de l'homme (visuelle, auditive, olfactive) (Lampe & Andre, 2012; Proops & McComb, 2012). Par exemple, lors d'une tâche d'obéissance, se basant sur un paradigme de « violation des attentes » ils vont passer plus de temps à observer une personne non familière remplaçant une personne familière (Sankey *et al.,* 2011). La discrimination de personnes familières versus non familière peut être durable dans le temps, impliquant une mémoire de l'homme et de sa valence (Baragli *et al.*, 2009; Sankey *et al.*, 2010c). De manière anecdotique, Spohr (1904) a rapporté qu'après avoir entrainé une jument en utilisant des renforcements positifs, a sa vue 10 ans plus tard, la jument avait présenté des signes de reconnaissance.

1.7.6. Cheval et travail

L'utilisation de renforcements positifs lors de l'entrainement du cheval a été identifiée comme un élément permettant d'améliorer les performances attentionnelles, d'apprentissage et de mémorisation (Sankey *et al.*, 2010a, 2010b, 2010c; Rochais *et al.*, 2014). Cependant, la plupart des entraineurs continue à utiliser des renforcements négatifs (*e.g.* cravache) dont l'utilisation peut amener à l'apparition de phénomènes indésirables (stress élevé, risque d'accident, Mc Greevy & Mc Lean, 2005 ; Waran & Casey, 2005). L'utilisation de stimulations tactiles (*e.g.* caresses, grattage au niveau du garrot) est aussi communément utilisée lors de l'entrainement (McGreevy & McLean, 2011) alors que les chevaux n'apparaissent pas être motivés spontanément par les contacts tactiles (Sankey *et al.*, 2010a ;Henry *et al.*, 2006). De plus, la majorité des signaux utilisés lors du travail du cheval sont basés sur des sensations tactiles (pression du mors, mouvements de jambe du cavalier, (McCall, 2007).

Dans un contexte d'équitation, le travail a été identifié comme une source majeure d'altération de l'état de bien-être des chevaux. Par exemple, en leçon d'équitation, la position et les actions des cavaliers, dépendant des techniques d'enseignement dispensées par les centres équestres vont entrainer des postures étroitement liées à la prévalence de problèmes vertébraux et donc induire un état de mal-être chez le cheval (Lesimple *et al.*, 2010, 2012). Le type de discipline pour laquelle les chevaux sont entrainés peut conduire à des troubles chroniques du comportement en dehors des situations de travail : les chevaux de dressage expriment plus de stéréotypies que les chevaux effectuant d'autres disciplines (*e.g.* saut d'obstacle, voltige…) (Hausberger *et al.*, 2009). Enfin, la discipline d'équitation semble avoir un impact sur les capacités cognitives du cheval, des chevaux de « haute école » (*i.e.* chevaux de dressage capables d'effectuer des exercices avancés comme par exemple le piaffer) ont montré des niveaux d'apprentissage moindres par rapport à des chevaux effectuant d'autres disciplines (*e.g.* saut d'obstacle, voltige) (Hausberger *et al.*, 2004). Les auteurs suggèrent que ces chevaux sont précisément conditionnés pour effectuer leur discipline, donnant ainsi très peu de liberté au cheval pour qui il serait difficile d'apprendre à apprendre (Hausberger *et al.*, 2004).

1.7.7. Cheval et bien-être

Différents aspects des conditions de vie domestiques offertes au cheval ont clairement été identifiés comme des facteurs d'altération de l'état de bien-être chez cet animal. L'évaluation

de l'état de bien-être / mal-être chez le cheval a suscité récemment l'intérêt de la communauté scientifique, permettant l'identification de divers indicateurs.

Des indicateurs **sanitaires** tels que des blessures, des boiteries, des problèmes vertébraux majoritairement dus au travail des chevaux (*e.g.* Cook, 1999; Burn *et al.*, 2010; Lesimple *et al.*, 2010). Des indicateurs **physiologiques** tels que la modification du taux de cortisol, pour laquelle les résultats sont contradictoires entre diverses études (*i.e.* augmentation ou diminution en cas de mal-être des animaux) (*e.g.* Visser *et al.*, 2008, Fureix *et al.*, 2012). Des indicateurs **posturaux**, tels que la posture des oreilles qui en cas d'inconfort ou de douleur physique (stress aigue) ont une posture orientée vers l'arrière (Pritchett *et al.*, 2003; von Borstel *et al.*, 2009, Fureix *et al.*, 2010). Des chevaux plus atteints par des problèmes de santé chroniques (*e.g.* problèmes vertébraux, allergies, boiteries, toux) et exprimant plus de stéréotypies passaient plus de temps avec les oreilles en arrière au cours des phases d'alimentation). Ces résultats semblent donc indiquer qu'une position d'oreille majoritairement orientée vers l'arrière, dans un contexte habituel et en dehors de toute perturbation (phase d'alimentation) serait le reflet d'un état de mal-être chronique. Une étude récente basée sur la technique de morphométrie géométrique a permis de mettre en évidence, de manière objective, l'impact d'un stress chronique sur la posture globale des chevaux. Les chevaux vivant en conditions semi-naturelles présentaient un dos et une encolure très arrondis, tandis que les chevaux de centre équestres présentaient une posture générale plus plate (Fureix *et al.*, 2011). Les auteurs suggèrent que les conditions de travail, ainsi que la forte prévalence des problèmes vertébraux chez les chevaux de centres équestres pourraient être un facteur majeur dans l'apparition de ces différences. Des indicateurs **comportementaux** tels que l'apparition de stéréotypies (*i.e.* comportements répétés et invariants sans but ni fonction apparente, Mason & Latham, 2004) sont présents chez le cheval en conditions domestiques (Nicol *et al.*, 2002; Cooper & Albentosa, 2005; Mcgreevy *et al.*, 1995a; McGreevy *et al.*, 1995b). L'état de mal-être peut aussi se manifester par des modifications du budget d'activité (*e.g.* absence de repos couché ou d'interaction sociale positive: Benhajali *et al.*, 2008), l'apparition de comportements « redirigés » (*e.g.* jeux, Hausberger *et al.*, 2012), une augmentation de l'agressivité ((Fureix *et al.*, 2009, Hausberger *et al.*, sous presse) mais aussi une baisse de réactivité vers l'environnement (Fureix *et al.*, 2012a; Hausberger *et al.*, sous presse). Les expériences négatives répétées avec l'homme lors de l'entrainement peuvent s'additionner aux effets des restrictions environnementales (spatiales, sociales) chez le cheval et aboutir à une forme d'apathie générale (Hall *et al.*, 2008). Une autre étude a décrit un état apathique chez des chevaux domestiques, définis

comme « figés » et caractérisés par une posture atypique et un retrait de ces individus par rapport à leur environnement (Fureix *et al.*, 2012a).

Les caractéristiques générales de l'espèce présentées précédemment, indiquent l'implication des processus attentionnels dans les différentes activités des chevaux à l'état naturel et en conditions domestiques. Les variations de capacités d'apprentissage et de mémorisation en fonction des caractéristiques intrinsèques (*e.g.* sexe) prédisent potentiellement des variations d'attention en fonction de ces caractéristiques. Les conditions de vie domestiques peuvent confronter les chevaux à des environnements sous optimaux pouvant altérer leur état de bien-être. Le statut d'animal de loisir permet la mise en relation des comportements des chevaux en contexte expérimental avec leurs comportements en contexte de travail, et ce, pour différentes disciplines. Cette espèce constitue donc un modèle biologique pertinent pour répondre aux objectifs que nous nous sommes fixés.

2. Méthodes

2.1 Animaux et sites d'étude

Au cours de cette étude nous avons travaillé sur des chevaux provenant de plusieurs populations différentes : *(i)* des chevaux d'expérimentation, tous élevés et maintenus dans des conditions similaires, se rapprochant de conditions semi-naturelles, comprenant des individus de races homogènes ; *(ii)* des chevaux de centre équestre vivant dans des conditions similaires à de nombreux établissements équestres (logement en box individuel, travail quotidien pour des cours d'équitation) ; *(iii)* des chevaux de compétition, tous maintenus dans des conditions similaires mais effectuant différentes disciplines équestres à haut niveau en compétition ; *(iiii)* des chevaux de loisir, évoluant en conditions semi-naturelles et étant montés occasionnellement de manière « non restreinte » (balade en extérieur, rênes longues…). Le choix des sites d'expérimentation a été motivé par l'existence de données sur l'état de bien-être / mal-être des chevaux (*i.e.* état apathique, comportements stéréotypiques, problèmes vertébraux…) issus de précédentes études menées par notre équipe, pouvant être mises en relation avec les mesures de l'attention.

Au total, cette étude a porté sur 92 chevaux comprenant 8 étalons, 48 hongres, 36 juments, âgés de 1 à 22 ans, dont 30 Anglo-arabes, 35 Selle-français, 15 Konik Polski et 11 chevaux de races diverses ou non constatées provenant de 5 sites différents.

2.1.1 Choix des animaux

- Race, sexe, âge

En fonction de la question de recherche sous-jacente à nos différentes études, les animaux ont été sélectionnés, selon leurs races, sexes, âges et discipline d'équitation effectuée (tabl I). Lors de notre mise au point méthodologique, nous avons tenté d'homogénéisé le sexe et les races. Différents auteurs ont mis en avant des effets liés à la race sur certains aspects comportementaux, comme par exemple les capacités d'apprentissage (Hausberger *et al.*, 1996 ; Lindberg *et al.*, 1999). Les races principalement utilisées sont l'Anglo-arabe et le Selle Français, races dont l'utilisation est orientée principalement vers le sport et le loisir. La race Anglo-arabe (AA) est issue de croisements entre le Pur-Sang Anglais et le Pur-Sang Arabe. Les chevaux sont adaptés à plusieurs disciplines sportives (saut d'obstacle, dressage, concours complet, endurance). La race Selle Français (SF) est une des grandes races françaises, d'origine récente, issue de croisements entre des chevaux de races « Demi-sang » régionales (*e.g.* Demi-sang anglo-normand, Vendéen et Charolais) et des Pur-Sang Anglais. Les chevaux Selle Français sont surtout sélectionnés pour le sport (saut d'obstacle, dressage, concours complet).

Lors de l'identification de facteurs de modulation de l'attention, nous avons essayé d'homogénéisé les races, sexes et âge sur les différents sites. Toutefois, nos conditions d'étude « sur le terrain » présentent des contraintes, en particulier pour standardiser les animaux évalués. Il est quasiment impossible de contrôler parfaitement la race, le sexe et l'âge des chevaux provenant d'un centre équestre, d'un centre de compétition ou des chevaux « de loisir ». Un autre aspect inhérent à cette approche de terrain est qu'il nous était impossible de connaitre les expériences passées des animaux, à l'exception de leur lieu de naissance (précisés sur le carnet d'identification). Enfin, sur un plan statistique, une telle approche ne permet pas, par comparaison avec une approche purement expérimentale, de planifier *a priori* les effectifs des groupes considérés pour les analyses.

- Conditions de vie

Afin d'identifier l'impact des conditions de vie et notamment du travail sur l'attention du cheval, nous avons choisi de travailler **1)** sur des populations de références, vivant dans des conditions se rapprochant des conditions de vie naturelles (*i.e.* vie au pré, en groupe social, pas/occasionnellement montés) ; **2)** centre-équestre, où de précédents travaux de l'équipe ont pu montrer un impact des pratiques d'équitation sur le comportement du cheval (Lesimple *et al.*, 2010) mais aussi la présence d'animaux manifestant des indicateurs de mal-être (*i.e.* comportements stéréotypiques, état apathique) (Fureix *et al.*, 2012b), pouvant être représentatif des conditions et de l'état de bien-être / mal-être rencontrés par les chevaux de centre équestres « classiques » en France (Lesimple *et al.*, en prep) ; **3)** un centre de compétition où les chevaux sont entrainés pour des disciplines d'équitation particulière, identifiées comme facteur de modulation du comportement du cheval (*e.g.* Hausberger *et al.*, 2011).

2.1.2 Critères d'exclusion des chevaux

Au sein de la population de chevaux de centre-équestre, l'ensemble des chevaux a été observé, à l'exception :

- des animaux exerçant d'autres activités que cheval de centre équestre, *i.e.* les chevaux de propriétaire, présents en pension dans l'établissement mais dont les conditions de logement et de travail différaient globalement de celles des autres animaux.
- des chevaux étant sur site depuis moins de 6 mois, afin d'homogénéiser les expériences des animaux avec les lieux et les personnes du site.
- des chevaux devant quitter le site en cours d'étude.

Ainsi, 4 chevaux ont été exclus des observations *a priori*.

2.1.3 Des populations de référence

- Des chevaux d'élevage

Depuis l'année 2004, notre équipe a pu réaliser la majeure partie de ses travaux à la **Station Expérimentale des Haras Nationaux,** institut français du cheval et de l'équitation (IFCE). C'est une station de recherche sur l'élevage des chevaux (Fig. 6) qui s'étend sur une superficie de 135 hectares. Elle est située à Chamberet, en Corrèze et possède près de 150

chevaux, dont une soixantaine de juments et leurs poulains de 0 à 3 ans. Les races présentes sur le site sont principalement le Selle Français et l'Anglo-arabe. Les chevaux sont maintenus en groupes dans des grandes pâtures l'été et dans des grandes stabulations l'hiver. Lors des mises-bas les juments sont logées en box de 4x4m pendant environ 1 mois.



Figure 6 : *Station Expérimentale des Haras Nationaux (IFCE), France.*

L'accès à ce centre d'expérimentation nous a permis de mieux contrôler les conditions d'élevage (alimentation, fréquence des contacts à l'homme, hébergement). L'origine paternelle et maternelle ou le nombre de gestation de chaque jument étaient identifiés. Ce site nous a permis **1)** de choisir des individus de même sexe, de races homogènes et d'âges variés pour mettre en place et valider nos outils méthodologiques (N=12 juments, de 5 à 17 ans, de race Anglo-arabe (N=10) et Selle-français (N=2)) ; **2)** de choisir des jeunes chevaux de races homogènes et du même âge n'ayant pas été manipulés par l'homme pour évaluer leur attention vers l'homme en contexte d'apprentissage (N=15, 12 hongres, *i.e.* mâles castrés, et 3 femelles, âgés de 1 an et de race Anglo-arabe).

- Des chevaux « de loisir »

Afin de disposer d'éléments de comparaison, notamment pour l'impact des conditions de vie, une partie de ce travail a inclus des observations réalisées sur 6 chevaux (2 étalons, 2 hongres et 2 femelles, âgés de 9 à 22 ans, de races diverses : 4 « origine non constatée », *i.e.* mélange de plusieurs races, 1 Pottok, 1 Palomino ; répartis dans plusieurs groupes stables, vivant dans des grandes pâtures et occasionnellement montés pour de l'équitation de loisir (mains basses rênes longues, *e.g.* Lesimple et al., 2010, 2012). (Fig. 7).



***Figure 7** : Population de chevaux vivant en condition semi-naturelles, Paimpont, France.*

Parmi ces individus, certains chevaux étaient à la station biologique de l'université de Rennes1, et d'autres ont été mis à disposition par leur propriétaire. L'ensemble des chevaux ont été observés à Paimpont, en Bretagne. Ces animaux de référence ont par ailleurs été suivis depuis des années lors de différentes études de notre équipe (*e.g.* Fureix *et al.*, 2011; Lesimple *et al.*, 2012; Hausberger *et al.*, 2012).

- La station de recherche de Popielno

La station de recherche pour une agriculture écologique et la préservation de l'élevage de Popielno (Fig. 8), en Pologne, a été créée en 1955 comme station expérimentale de l'académie des sciences. Elle est située en Mazurie, région du nord-est de la Pologne, sur une presqu'île entourée de trois lacs. Les chevaux sont soit maintenus dans des conditions domestiques traditionnelles (écuries), soit laissés en liberté dans une forêt de 16000 ha.



***Figure 8 :** Station de recherche pour une agriculture écologique et la préservation de l'élevage de Popielno, Pologne.*

L'accès à ce centre d'expérimentation nous a permis de disposer de jeunes chevaux de races homogènes et du même âge n'ayant pas été manipulés par l'homme pour évaluer leur attention vers l'homme en contexte d'apprentissage (N=15, 6 étalons, 6 femelles, 3 hongres, âgés de 1 an, de race Konik Polski).

2.1.4 Des conditions domestiques « classiques » : chevaux au travail

- Un centre équestre

Un centre équestre nous a permis de travailler sur leurs animaux et d'utiliser leurs structures. Ce centre-équestre comprend une trentaine de chevaux, majoritairement de race Selle-français, utilisés pour l'instruction de l'équitation pour de jeunes élèves. Les chevaux sont maintenus en box individuels (Fig. 9).



Figure 9 : *Centre équestre représentatif des conditions de vie « classiques » en France*

L'accès au centre équestre nous a permis d'évaluer des chevaux (N=27, 21 hongres et 6 juments, âgés de 5 à 20 ans, majoritairement de race Selle-français (N=20)) impliqués dans des reprises (*i.e.* leçons) d'équitation, contexte de travail nécessitant des capacités attentionnelles particulières. De plus, l'impact des conditions de vie (particulièrement du travail) et de l'état de bien-être/mal-être, sur l'état attentionnel des chevaux ont pu être évalués. Sur ce site, de précédents travaux de l'équipe ont pu caractériser les pratiques d'équitation (Lesimple *et al.*, 2010) et identifier la présence d'animaux manifestant des indicateurs de mal-être (*i.e.* comportements stéréotypiques, état apathique) (Fureix *et al.*,

2012b). Ce site était représentatif des conditions et de l'état de bien-être / mal-être rencontrés par les chevaux de centre équestres « classiques » en France (Lesimple *et al.*, en prep).

- L'Ecole Nationale d'Equitation (L'ENE)

L'ENE, située à Saumur, dans le Maine et Loire est un haut lieu des traditions équestres françaises (Fig. 10). C'est un établissement public faisant partie de l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE). L'ENE a pour but principal la formation et le perfectionnement des cadres de l'équitation française au niveau national et l'entrainement de chevaux et cavaliers aux compétitions nationales et internationales. L'ENE dispose d'écuries capables d'héberger près de 500 chevaux dans des boxes individuels. L'ENE comprend environ 330 chevaux et 180 agents.



Figure 10 : *Ecole Nationale d'Equitation (IFCE), France.*

L'accès à l'ENE nous a permis d'évaluer l'impact de facteurs intrinsèques des chevaux (*e.g.* sexe) et de facteurs extrinsèques (*e.g.* discipline équestre, condition de vie) sur leur caractéristiques attentionnelles (N=17, 10 hongres et 7 femelles, âgés de 7 à 12 ans, de race Anglo-arabe (N=4) et Selle-français (N=13)). Nous avons par ailleurs pu explorer les liens entre les caractéristiques attentionnelles des chevaux en contexte expérimental et leur performance en compétition.

2.2 Méthodes de travail

L'un des objectifs premiers de cette thèse est de caractériser l'attention des chevaux en combinant une approche expérimentale avec des observations dans les conditions de vie habituelles des individus. Une seule une étude pionnière, a tenté de développer un test d'évaluation des capacités d'attention du cheval en situation expérimentale (Rapin *et al.*, 2007). Ce protocole demande cependant à être revu, simplifié et validé par une comparaison avec des observations spontanées.

2.2.1 Comment évaluer l'attention en contexte expérimental (cf chapitre 3)

Nous avons donc développé de nouveaux tests expérimentaux ce devant d'être simples et non invasifs pour pouvoir être utilisés dans différents sites équestres pendant cette étude mais aussi par les utilisateurs par la suite. Pour une meilleure adaptation au contexte de « terrain » nous avons choisi des tests pouvant être réalisés et répétés rapidement. Nous avons aussi choisi d'adapter à notre modèle d'étude un test expérimental dont l'interprétation était déjà connue. Les chevaux étant soumis à diverses stimulations dans leur contexte de vie habituelle, les modalités visuelle et auditive ont été explorées. Nous avons ensuite mis en relation les résultats obtenus lors de ces tests avec les observations des mêmes individus dans un contexte de travail. Ainsi, la caractérisation de l'attention des chevaux au travail permettra de conseiller les utilisateurs sur le choix des animaux (*e.g.* pour la pratique d'une discipline donnée), d'adapter les séances de travail (*e.g.* durée des séances) et limiter les risques d'accidents (*e.g.* caractérisation de chevaux distraits non adaptés aux cavaliers inexpérimentés). Ainsi, nous avons pu identifier des indicateurs comportementaux et posturaux de l'attention, et ce dans différents contextes (*i.e.* contexte expérimental et spontané), pouvant être relevés dans divers sites équestres.

a) Test d'attention visuelle (VA test)

L'attention spontanée des chevaux a été évaluée en utilisant un stimulus lumineux, non familier, en mouvement, de couleur verte issue d'un pointeur laser. Ce choix a été motivé

par la capacité élevée des chevaux pour détecter les mouvements et discriminer la couleur verte (*cf* **1.4.1** de cette méthodologie générale). Ce test était réalisé dans l'environnement habituel des chevaux (*i.e.* au box). Ce test simple et non invasif a pu être réalisé dans divers sites équestres.

b) Test d'attention auditive (AA test)

Cinq stimuli auditifs non familiers, de différentes fréquences, ont été diffusés dans le milieu de vie des chevaux:

- Vocalisation de babouin (*Papio anubis*)
- Vocalisation de bernache (*Branta bernicla*)
- Vocalisation de baleine bleue (*Balaenoptera musculus*)
- Vocalisation de cheval non familier (hennissement) (*Equus caballus*)
- Morceau de piano

Le choix des stimuli a été motivé par leur nouveauté et la présence / absence de valence biologique. A l'échelle populationnelle, les comportements ne différaient pas statistiquement en fonction de la nature des stimuli diffusés. Cependant, à l'échelle individuelle les réactions semblaient plus marquées pour le stimulus baleine et le stimulus hennissement. Pour simplifier notre test, nous avons donc choisi de ne garder que le stimulus baleine et le stimulus hennissement supposés avoir plus de pertinence pour les chevaux.

c) 5-choice serial reaction time task (5-CSRTT) ou test des "cinq trous"

Ce test est régulièrement utilisé en contexte expérimental chez les rongeurs pour évaluer différentes formes d'attention (pour une revue: Robbins, 2002). Ce paradigme permet d'évaluer l'attention soutenue en soumettant les animaux à de nombreux essais de manière continue. L'attention divisée peut être mesurée en se basant sur la capacité à diriger l'attention vers les 5 fenêtres. L'attention sélective peut être évaluée en ajoutant des distracteurs visuels ou auditifs lorsque les animaux effectuent la tâche (Carli *et al.,* ; Bushnell, 1998 ; Robbins, 2002). Nous avons adapté ce paradigme expérimental à notre modèle d'étude. Ce choix a été motivé par la possibilité d'évaluer différentes formes d'attention et de pouvoir comparer nos nouveaux tests expérimentaux à un test dont l'interprétation est déjà connue

d) Relevés physiologiques

Lors du test d'attention visuel des mesures physiologiques ont par ailleurs été relevées. Nous avons choisi d'évaluer le rythme cardiaque, la réponse électrodermale et l'activité cérébrale des chevaux. Ces activités physiologiques étant connues pour présenter des variations lors de tâches mobilisant des processus attentionnels (*cf* **chapitre 1**). Le rythme cardiaque a été relevé à l'aide d'un cardio-fréquencemètre polar®. La réponse électrodermale a été mesurée *via* des capteurs BodyMedia®. L'activité cérébrale a été relevée *via* des mesures d'électro-encéphalographies (EEG) en se basant sur une technique de télémétrie développée pendant cette thèse.

L'importante quantité de données reste en cours d'analyse. Certains résultats préliminaires sur les relevés EEG sont présentés en Annexe I de ce manuscrit.

2.2.2 Comment évaluer l'attention en contexte de travail

Pour pouvoir mettre en relation les résultats obtenus lors des tests expérimentaux développés précédemment et le comportement des chevaux dans leurs conditions habituelles, nous avons choisi d'évaluer leurs caractéristiques attentionnelles dans un contexte de travail. Le comportement du cheval peut être évalué au travail *via* des observations en contexte habituel, des enquêtes par questionnaire ou des indices de performances en compétition pouvant refléter, dans une certaine mesure, le comportement des chevaux au travail.

a) Observations comportementales en contexte de travail

- *Travail à la longe*

Nous avons choisi d'utiliser une tâche de longe, un exercice qui est communément employé par les entraineurs / cavaliers dans la filière équine où les chevaux doivent apprendre à répondre correctement aux ordres vocaux d'un entraineur, nécessitant des capacités d'apprentissage et d'attention élevées (Fig. 11). (Lansade, 2005; Rivera *et al.*, 2002).



Figure 14 : *Cheval équipé d'un caveçon et d'une longe lors d'un travail à la longe.*

- *Entrainement à l'immobilité (voir aussi Sankey et al., 2010 a, b, c)*

L'attention de jeunes chevaux a été évaluée lors d'une tâche d'apprentissage progressif (décomposé en étapes) de l'immobilité en réponse à un ordre vocal (Sankey *et al.*, 2010 a, b, c). L'expérimentateur donnait aux chevaux l'ordre vocal « reste ! », ceux-ci n'étant pas tenus (longe posée sur le dos). Le cheval était confronté à une augmentation du temps d'immobilité à respecter au cours de l'entrainement (de 5, 10, 30, 45, à 60 secondes). Le cheval devait répondre correctement à l'ordre « reste » 3 fois consécutives afin de passer à l'étape suivante. A chaque fois qu'il répondait correctement, le cheval était récompensé par une récompense alimentaire (groupe renforcement positif primaire), par un grattage au niveau du garrot (groupe renforcement positif secondaire) ou n'était pas récompensé (groupe témoin). Afin d'identifier des variations attentionnelles en fonction de l'utilisation des différents renforcements, l'orientation du regard, de la tête, de l'encolure et des oreilles a été relevée pendant les séances d'entrainement à l'immobilité.

b) Evaluation par les utilisateurs à l'aide de questionnaires

L'évaluation de l'attention des chevaux de centre-équestre lors des séances d'équitation a été réalisée *via* des questionnaires soumis aux deux enseignants du centre équestre (*i.e.* deux monitrices, travaillant au centre équestre depuis au moins un an, impliquées dans les cours d'équitation au quotidien). Les monitrices ont rempli un questionnaire par cheval, chacun comprenant initialement 32 questions. La moitié des questions a dû être exclue de l'analyse par l'absence de réponse pour certains chevaux (ne

permettant pas par la suite de comparer les chevaux équitablement). Seize questions ont été gardées, reflétant la distraction/la concentration ($n_{question}$=8) et la désobéissance/l'obéissance ($n_{question}$=8) du cheval au travail (Le Scolan *et al.,* 1997). Les monitrices devaient cocher des cases allant de « jamais » à « toujours » menant vers un score de 0 (traduisant la distraction/la désobéissance) à 3 (traduisant la concentration/l'obéissance) pour chaque question. Plus le score était élevé, plus le cheval était considéré comme concentré/obéissant au travail reflétant son état attentionnel global.

c) Indice de performances en compétition

Les indices de performance en compétition de chaque cheval de l'Ecole Nationale d'équitation ont été renseignés *via* le site internet de l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE). L'indice de performance (ISO pour les chevaux de saut d'obstacle ; ICC pour les chevaux de concours complet) est défini pour chaque cheval par l'ensemble des performances en compétition pendant un an en prenant en compte les effets « environnementaux » (*i.e.* la discipline de compétition, le niveau de compétition, le cavalier) (Ricard, 2004). Par exemple, un jeune cheval de 4 ans ne va pas effectuer des compétitions du même niveau technique qu'un cheval de 10 ans, mais il pourra être classé parmi ses contemporains si le niveau de compétition est pris en compte dans le calcul de l'indice de performance. L'indice est calculé chaque année et le meilleur indice de performance depuis que le cheval participe à des compétitions peut aussi être renseigné sur le site de l'IFCE.

2.2.3 Comment évaluer l'impact de facteurs intrinsèques

Au sein de chaque population étudiée, si différents facteurs intrinsèques étaient représentés et si les effectifs permettaient des analyses statistiques, l'impact de l'âge, du sexe, de la race, et le l'état de bien-être / mal-être a été exploré. L'impact de l'émotion véhiculée par un stimulus sur l'attention des chevaux a été exploré lors de l'entrainement à l'immobilité. Le choix des stimuli a été motivé par la valence positive / négative / neutre qu'ils pouvaient avoir pour les chevaux.

2.2.4 Comment évaluer l'impact de facteurs extrinsèques

Afin d'évaluer l'impact des conditions de vie, telles que les conditions d'hébergement, le contexte sociale, le contexte alimentaire et le travail, une partie de ce travail a inclus des observations réalisées sur des « populations de référence » évoluant en conditions semi-naturelles. Ainsi, les caractéristiques attentionnelles ont pu être comparées avec celles de chevaux vivant dans des conditions domestiques classiques, impliquant des restrictions spatiales, sociales, alimentaire et une activité d'équitation.

2.3 Considérations statistiques

Rappelons que l'approche de terrain développée ici en testant des animaux en situation réelle, bien que majeure pour notre problématique, présente aussi des inconvénients d'un point de vue statistique. Nous avons vu qu'il était impossible de contrôler parfaitement les effectifs des groupes, tant sur les variables indépendantes invoquées (*e.g.* sexe) que sur les données obtenues lors des observations (*e.g.* le fait d'exprimer des séquences d'attention fixe ou non). Une telle approche ne permet donc pas, par comparaison avec une approche purement expérimentale, de planifier *a priori* les effectifs des groupes considérés pour les analyses. De plus, certains groupes préalablement constitués, impliquaient des effectifs modestes. Enfin, la majorité des données obtenues n'était pas répartie suivant une distribution normale. L'ensemble de ces caractéristiques nous a donc amené à réaliser des tests statistiques non paramétriques (Siegel & Castellan 1988).

Tableau I : Récapitulatif des sujets étudiés en relation avec le contexte expérimental. J : juments, m : mâles, h : hongres ; AA : Anglo-arabe, SF : Selle-français ; ***VAT*** *: test d'attention visuel,* ***AAT*** *: test d'attention auditive,* ***5CSRTT*** *: test des 5 choix.*

Animaux d'étude								**Contexte expérimental**				
Population	**Site**	**N**	**Sexe**	**Age**	**Race**	**Conditions de vie**	**Conditions de travail**	**Question**	**VAT**	**AAT**	**5CSRTT**	**immobilité**
Juments d'élevage	Chamberet	12	j	5-17	AA=10 SF=2	En groupe au pré	_	Caractérisation de l'attention	✓	✓	✓	
Chevaux de loisir	Paimpont	6	2 m, 2 h, 2 j	9-22	diverses	En groupe au pré	Loisir (balade)	Impact des conditions de vie	✓			
Chevaux de centre équestre	ATH	27	21 h, 6 j	5-20	SF=20 diverses	Box individuel	Cours d'équitation 6-10h / semaine	Impact de l'état de bien-être, du travail et des conditions de vie	✓	✓		
Chevaux de compétition	ENE	17	10 h, 7 j	7-12	AA=4 SF=13	Box individuel	Entrainement compétition 5-7h / semaine	Impact de facteurs intrinsèques, du travail et des conditions de vie	✓			
Jeunes chevaux	Chamberet + Popielno	30	6 m, 15 h, 9 j	1-2	AA= 15 Konik=15	En groupe au pré	_	Impact des actions humaines Relation entre attention et apprentissage				✓


2 CHEVAUX

Chapitre 3

Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique



3. CARACTERISATION DE L'ATTENTION

Introduction

Nous avons vu tout au long de l'introduction que l'attention peut être définie comme un ensemble de processus cognitifs par lesquels le système nerveux appréhende et organise les stimulations sensorielles de son environnement afin de générer un comportement approprié face à une situation donnée (Bushnell, 1998). Les auteurs s'accordent donc sur l'existence de différentes formes d'attention, dont les plus communément identifiées sont : l'attention sélective, l'attention divisée, ou encore l'attention soutenue. La fonction de contrôle (*cf* **chapitre 1**) réalisée par les processus attentionnels peut être définie comme la capacité à changer d'orientation de l'attention (Tableau I) (Sohlberg & Mateer, 2001; Maquestiaux, 2013). Dans cette introduction nous détaillerons les méthodes employées pour mesurer et caractériser différentes formes d'attention en contexte expérimental, que ce soit chez l'homme ou chez l'animal. Puis nous nous interrogerons sur la définition des différences individuelles d'attention en tant que trait de tempérament. Dans une seconde partie, nous nous focaliserons sur les mesures de l'attention chez le cheval en contexte spontané et expérimental. Enfin, nous nous interrogerons sur les différents facteurs intrinsèques pouvant potentiellement moduler l'attention chez le cheval.

Tableau I : *Différentes formes d'attention et leurs outils d'évaluation chez l'homme tels que décrits par Sohlberg & Mateer, 2001.*

Fonctions	Formes	Description	Outils d'évaluation
Sélection	**Attention sélective**	Capacité à se focaliser sur les stimuli pertinents pour l'exécution d'une tâche, tout en ignorant des stimuli non pertinents	Présentation d'un signal pertinent et de distracteurs, et mesures des temps de réaction et/ou de la précision des réponses (*e.g.* tâche de Stroop)
Division	**Attention divisée**	Capacité à traiter simultanément plusieurs informations	Présentation simultanée de signaux différents et mesure des informations retenues (*e.g.* écoute dichotique)
Activation	**Attention soutenue** (ou vigilance**)**	Capacité à maintenir une même réponse comportementale pendant une activité continue et/ou répétée	Présentation successive de signaux pertinents et de signaux non pertinents et mesure des temps de réaction au cours du temps (*e.g.* SART : the Sustained Attention to Response Task)
Contrôle	**Orientation de l'attention**	Capacité à déplacer l'attention, flexibilité mentale.	Orientation de l'attention dans un espace indicé, mesure des temps de réaction et de la précision des réponses en fonction des indices d'apparition des cibles (*e.g.* tâche de Posner)

Mesurer l'attention chez l'homme en contexte expérimental

Mesurer l'attention chez l'homme revient à observer les modifications comportementales, posturales, ou neurophysiologiques dans des contextes où les stimuli de l'environnement peuvent varier et/ou la tâche à exercer par l'individu peut être modulée (Maquestiaux, 2013). Bien que l'attention soit stimulée par différents canaux sensoriels (visuel, auditif, olfactif, gustatif ou tactile), les tâches d'attention les plus communément utilisées se basent sur des modalités visuelles et auditives. La plupart des études sont réalisées en contexte expérimental et les tâches employées pour mesurer l'attention diffèrent en fonction des formes d'attention étudiées :

- Attention sélective

L'attention sélective est étudiée via des tâches expérimentales comportant deux types d'information : les informations pertinentes et les informations non pertinentes. Les tâches peuvent être présentées dans la ***modalité auditive :*** le paradigme « d'écoute dichotique » est couramment utilisé et consiste en une présentation de messages auditifs différents délivrés simultanément dans chaque oreille (Cherry, 1953). Il est alors généralement demandé au sujet

de focaliser son attention sur une oreille, il se trouve ainsi dans une situation dite d'attention sélective (Treisman, 1969). La précision des stimuli auditifs entendus sera mesurée pour évaluer les capacités d'attention sélective. Le paradigme « original » (« *oddball paradigm* ») est aussi communément retrouvé dans la littérature et consiste en la présentation de stimuli auditifs répétés. Le sujet doit relever l'apparition des stimuli pertinents qui sont cachés et rares parmi l'ensemble des stimuli non pertinents. Les mesures associées à ce paradigme sont généralement des relevés neurophysiologiques analysés par la méthode de l'ERP (*i.e.* potentiel évoqué : modification du potentiel électrique en réponse à une stimulation sensorielle et à une activité cognitive) (Greimel *et al.*, 2015). Pour la ***modalité visuelle*** *:* l'attention sélective est fréquemment étudiée en utilisant le paradigme de Posner (Posner *et al.*, 1980). Comme indiqué précédemment, ce paradigme « d'indiçage spatial » mesure le temps de réaction des individus lors de l'apparition de stimuli visuels sur un écran. Les participants doivent répondre le plus rapidement possible à la localisation d'un stimulus. La cible consiste en un stimulus visuel qui apparait à gauche ou à droite d'un point de fixation central. Le stimulus cible est précédé par un indice indiquant le côté probable d'apparition de celui-ci. Cet indice peut cependant intervenir selon trois modalités différentes : soit il est valide et indique donc le côté où le stimulus cible va apparaître ; soit il est invalide et indique le côté opposé de celui d'apparition du stimulus cible ; soit il est neutre et ne fournit aucune information sur le côté d'apparition du stimulus cible (Fig. 1). Par conséquent, cette procédure permet d'évaluer la capacité à se focaliser vers une cible visuelle pertinente de manière précise (*i.e.* mesure du nombre d'erreur) et rapide (*i.e.* mesure du temps de réaction) (Posner *et al.*, 1980). D'autres tâches d'attention sélective visuelle peuvent viser à mesurer le temps de réaction à l'apparition d'un stimulus cible (par exemple la lettre T) parmi l'apparition de stimuli visuels distracteurs (*e.g.* d'autres lettres de l'alphabet) (McLaughlin *et al.*, 2010).

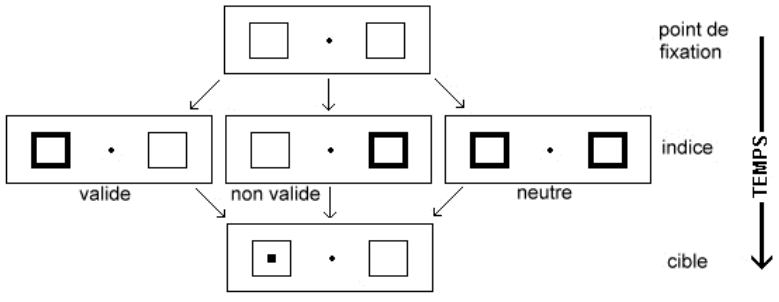


Figure 1: Paradigme de Posner : *décours temporel et orientation de l'attention via des indices visuels.*

- Attention divisée

L'attention divisée est généralement évaluée lors de paradigmes de double-tâche. Pour la ***modalité auditive***, le paradigme « d'écoute dichotique » est aussi couramment utilisé pour évaluer l'attention divisée où il est demandé au sujet de répartir son attention entre les deux oreilles (Kimura, 1967; Colflesh & Conway, 2007). Dans ce cas, pour mesurer les capacités d'attention divisée la plupart des auteurs demande aux individus de restituer le contenu du message diffusé dans l'oreille gauche et celui de l'autre message diffusé dans l'oreille droite. Pour la ***modalité visuelle***, les tâches peuvent viser à détecter, discriminer ou identifier une cible visuelle (*e.g.* forme carrée rouge) qui peut être présentée dans plusieurs emplacements. Les mesures associées peuvent être le temps de réaction lors de tâches de détection de cibles ou les performances de précision lors de tâches de discrimination de cibles (Jans *et al.,* 2010).

- Attention soutenue

L'attention soutenue est principalement évaluée lors de situations ou un individu doit observer l'apparition de signaux discrets au cours de longues périodes de temps (Sarter *et al.,* 2001). L'apparition d'une cible peut être présentée soit visuellement, soit auditivement. Par exemple, le *« Gradual Onset Continuous Performance Task* » (Robertson *et al.,* 1997), consiste à présenter des images de paysages naturels (stimuli non pertinents) et des images de villes (stimuli pertinents, les sujets devant presser un bouton à l'apparition de ces images). En mesurant les temps de réaction et la précision des réponses (*i.e.* nombre d'erreurs), les auteurs ont mis en évidence les caractéristiques attentionnelles des individus (*i.e.* nombre d'erreurs et temps de réaction variables en fonction des individus) ainsi qu'une diminution de l'attention sur une période de test très courte (10 minutes) (Esterman *et al.,* 2014). D'autres auteurs ont utilisé « *the Sustained Attention to Response Task* » où les sujets doivent appuyer sur un bouton à l'apparition sur un écran de chiffres compris entre 1 et 9 et ne pas appuyer lors de l'apparition du chiffre 3. Ces auteurs ont adapté ce test pour évaluer les capacités d'attention soutenue vers des ***stimuli auditifs*** en énonçant oralement les noms des chiffres et en demandant aux sujets de répondre de la même manière que pour la ***modalité visuelle*** (Seli *et al.,* 2012). Lorsque le test se base sur une modalité auditive, les temps de réaction sont plus lents mais le nombre d'erreurs plus faible. Cependant, la proportion d'erreurs et les temps de réaction sont fortement corrélés entre les deux modalités (Seli *et al.,* 2012).

- Orientation, capture de l'attention, flexibilité attentionnelle

L'orientation de l'attention peut être activée volontairement pour sélectionner des informations pertinentes et serait due à un contrôle cognitif descendant de type « top-down », c'est l'attention endogène. L'attention exogène mettrait en jeu des mécanismes de sélection du stimulus déclenchés par une stimulation sensorielle externe et serait donc sous contrôle périphérique, de type « bottom-up ». Des procédures d'indiçage spatial (*cf* paradigme de Posner) ont été utilisées sur la base d'indices **visuels** ou **auditifs** pour mettre en évidence ces modes d'orientation attentionnelle (Posner & Rothbart, 1998). Les mesures des temps de réaction, de la précision des réponses et parfois de l'orientation du regard via la méthode « d'eye tracking » (*i.e.* techniques permettant d'enregistrer les mouvements et l'orientation des yeux) peuvent être relevées (Peterson *et al.*, 2004). Cependant, certaines études ont mis en évidence une absence de mouvement des yeux lors des changements d'orientation de l'attention.

Les mesures d'attention associées aux différents tests cités précédemment peuvent donc être d'ordre comportementales (*e.g.* orientation du regard), temporelles (*e.g.* temps de réaction) et/ou de performances de précision (*e.g.* restitution d'un message auditif) associées à des relevés neurophysiologiques (*e.g.* activité cérébrale, rythme cardiaque) (*cf* **Chapitre 1**).

Caractéristiques individuelles de l'attention : l'attention, un trait de tempérament ?

Les variations comportementales et neurophysiologiques caractérisant l'état attentionnel ont permis d'identifier des différences individuelles d'attention (Frischen *et al.*, 2007; Gopher & Kahneman, 1971; Kane & Engle, 2002; Tipper & Baylis, 1987). Ces différences individuelles peuvent dépendre de caractéristiques intrinsèques tels que le genre, l'âge ou encore certains traits de tempérament des individus.

D'un autre point de vue, les caractéristiques attentionnelles peuvent être aussi considérées par certains auteurs comme un trait de tempérament en tant que tel, même s' il reste encore des désaccords sur les caractéristiques comportementales spécifiques pouvant être classées dans le domaine du tempérament (Henderson & Wachs, 2007). Cependant, certains auteurs stipulent que les divers comportements définissant les différences individuelles de tempérament peuvent être de l'ordre de la vigilance, de l'émotion et de l'attention en se basant sur deux grands domaines: **la réactivité et l'autorégulation** (Rothbart, 1989; Rothbart & Derryberry, 1981; Derryberry & Rothbart, 1988). La réactivité fait référence à la vitesse, la force et la valence (positive ou négative) des réponses

caractéristiques d'un individu à une stimulation. Par exemple, la rapidité d'un nourrisson pour réagir à un stimulus nociceptif ou la réponse émotionnelle positive ou négative d'un enfant vers un nouvel objet peuvent refléter la réactivité (Henderson & Wachs, 2007). La réactivité négative peut être subdivisée en colère et en peur (Rothbart e*t al.,* 2000). L'autorégulation se réfère aux processus d'approche, d'évitement et d'attention servant à moduler les réactions comportementales et émotionnelles des individus. Même les jeunes enfants peuvent réguler leur degré de réactivité en dirigeant leur attention loin des objets induisant une peur (Henderson & Wachs, 2007). L'autorégulation implique un contrôle attentionnel volontaire et la capacité à inhiber des comportements en cours (Derryberry & Rothbart, 1997). De manière conceptuelle, les auteurs proposent que c'est l'interaction entre les différents niveaux de réactivité et d'autorégulation, impliquant des processus attentionnels, qui agit pour guider le comportement de chaque individu (Belsky *et al.,* 2001; Eisenberg *et al.,* 2001; Stifter *et al.,* 1999).

Par ailleurs, un autre consensus semble être dégagé sur un modèle de personnalité / tempérament de l'homme à 5 facteurs, connu sous le nom de **« Big-Five » ou de « Five Factors Model »** comprenant 5 dimensions de tempérament : 1) l'extraversion / l'introversion ; 2) le caractère agréable / désagréable ; 3) le caractère consciencieux / négligent ; 4) le névrosisme / la stabilité émotionnelle ; 5) l'ouverture aux expériences (Digman, 1990; Goldberg, 1990; Costa & McCrae, 1992). Ces dimensions de tempérament n'impliquent pas nécessairement de processus attentionnels. Seule la persévérance (*i.e.* le fait de persister dans une action comportementale (ou une pensée) en présence d'obstacles, en l'absence de récompense ou en dépit d'atteindre un but particulier (Thomas and Chess, 1977)) pouvant rejoindre des processus d'inhibition attentionnelle est retrouvée dans le modèle du Big-Five (Costa & McCrae, 1992). Cependant, dans un essai de synthèse des différentes dimensions de tempérament proposées chez l'humain, Bates (1989) regroupe sous le terme de « **régulation de l'attention** », les dimensions de **persévérance** et de **distractibilité** définie comme l'efficacité d'un stimulus de l'environnement à interférer avec ou à altérer la direction ou la poursuite d'un comportement ou d'une pensée (Thomas & Chess, 1977).

Or, si l'on considère les capacités attentionnelles comme un trait de tempérament *per se*, les caractéristiques individuelles attentionnelles doivent émerger tôt dans la vie de l'individu, rester **relativement stable dans le temps et entre les situations** (Rothbart, 1989). Certaines études visant à prédire les troubles attentionnels chez l'enfant dès les premiers mois de vie ont pu montrer une stabilité des capacités d'attention soutenue lors de phase de jeux

chez des enfants testés à 1, 2 et 3 ans et demi (Ruff *et al.*, 1990), d'autres auteurs n'ont pas identifié de corrélation claire dans ce même contexte entre des âges de 14, 20 et 26 semaines suggérant une instabilité des caractéristiques attentionnelles avant l'âge d'1 an (Richards, 1989). L'évaluation de l'attention soutenue d'enfants de 2 à 10 ans *via* des questionnaires remplis par les parents, les enseignants et les expérimentateurs ayant évalué l'attention soutenue des enfants lors de tests cognitifs a permis de mettre en évidence de fortes corrélations entre les évaluations par différentes personnes et des variations d'attention au cours du temps (les capacités d'attention soutenue augmentent de 5 à 7 ans et diminuent de 8 à 10 ans). Les différences interindividuelles d'attention soutenue sont restées stables au cours du temps (Deater-Deckard & Wang, 2012). D'autres études ont mis en évidence des performances attentionnelles stables entre des contextes expérimentaux comme lors de l'observation de l'orientation des regards chez l'enfant en contexte expérimental (*i.e.* lors de paradigmes cognitifs) et en contexte habituel (*i.e.* lors d'interactions sociales), suggérant une stabilité de l'orientation de l'attention dans différentes situations (Abelkop & Frick, 2003).

Par ailleurs, les capacités attentionnelles sont influencées par des facteurs génétiques, maturationnels et les expériences de vie (Wachs *et al.*, 2001). Au-delà de caractéristiques intrinsèques pouvant influencer les capacités attentionnelles des individus, il existerait donc un impact des facteurs génétiques et de la pratique / l'entrainement sur l'attention. Par exemple, il a été observé que « l'effet Stroop » (*i.e.* test d'attention sélective) est réductible avec de l'entrainement, les temps de dénomination de l'encre d'un nom de couleur serait réduit de 20 secondes après 8 sessions d'entrainement (Stroop, 1935).

Mesurer l'attention chez l'animal en contexte expérimental (tableau II)

Modèles animaux

Afin de relier les processus attentionnels identifiés chez l'homme et leurs substrats neurobiologiques, de nombreuses études ont visé à identifier des modèles animaux des processus attentionnels chez l'homme (Carli *et al.*, 1983; Robbins, 2002; Muir, 1996; Steckler & Muir, 1996; Sarter & McGaughy, 1998; pour une revue: Bushnell, 1998). Cet intérêt a été stimulé tant par la possibilité de mieux connaitre les fonctionnements des processus attentionnels chez l'homme, que par l'identification grandissante de perturbations de ces processus (*e.g.* modulation de l'attention *via* la prise de médicaments comme des neuroleptiques ; *via* la prise de drogues comme la cocaïne, *via* le vieillissement, *via* la

présence de pathologies comme les TDA/H, Alzheimer ou Parkinson) (Anger, 1990; Levy *et al.*, 1997; Parasuraman *et al.*, 1992; Wright *et al.*, 1990). L'adaptation de paradigmes expérimentaux réalisés chez l'homme ainsi que la création de paradigmes propres aux animaux ont permis d'évaluer les différents types d'attention cités précédemment (Tabl II).

- Attention sélective

L'évaluation de l'attention sélective chez l'animal en contexte expérimental se base principalement sur des mesures des capacités des animaux à différencier des stimuli préalablement associés à des renforcements positifs (*i.e.* évènement qui entraîne une augmentation de la probabilité d'émission d'une réponse, une récompense alimentaire par exemple) ou en évaluant la capacité de contrôle du comportement des animaux par un stimulus préalablement conditionné (Bushnell, 1998). Les tests d'attention sélective peuvent utiliser un conditionnement classique (Pavlov, 1904) ou instrumental (Skinner, 1938).

Dans le cas d'un conditionnement classique, un stimulus conditionné A ayant régulièrement précédé un stimulus non conditionné, entraine un conditionnement moins effectif pour un second stimulus B lorsque celui-ci présente des caractéristiques communes avec le premier (AB) (Kamin, 1968, cité par Zentall, 2005). Ce phénomène est connu sous le nom de « **blocage** » car le conditionnement du stimulus B apparaît bloqué par le conditionnement préalable de A. Ce phénomène a été interprété comme preuve que l'attention dirigée vers le stimulus A, réduit l'attention allouée à B lors du conditionnement du stimulus AB (comprenant des caractéristiques de A et de B). (Pearce & Hall, 1980). Le modèle de Pearce-Hall se base donc sur le fait que B est ignoré parce qu'il n'ajoute rien à la valeur prédictive de A, et que l'animal sera sélectivement attentif à certains aspects du stimulus (Mackintosh, 1965). Un autre processus proche du phénomène de blocage correspond à « **l'inhibition latente** » où l'acquisition de l'association entre un stimulus et un renforcement est retardée par l'exposition au préalable du sujet au stimulus sans qu'un renforcement lui soit associé (Solomon *et al.*, 1981). Comme pour le phénomène de blocage, l'acquisition retardée de l'association entre un stimulus et un renforcement est supposée résulter d'une diminution de l'attention sélective vers le stimulus, induite par l'exposition de ce stimulus sans renforcement au préalable. Les procédures de «blocage » et « d'inhibition latente » ont été communément utilisées pour identifier par exemple des modèles animaux de troubles attentionnels exprimés chez les patients schizophrènes (Feldon & Weiner, 1991, 1992) en administrant des substances perturbant le système dopaminergique chez des rongeurs (Solomon *et al.*, 1981).

- Attention sélective et attention divisée

Lors de l'utilisation de conditionnement opérant, certaines études ont visé à évaluer les capacités de discrimination des animaux entre des caractéristiques pouvant être communes à des items visuels. Par exemple, lors d'une tâche de « **correspondance des items** » (« *match to sample task* »), Maki & Leith, (1973) ont entrainé des pigeons à discriminer soit l'orientation des lignes (*i.e.* verticales *vs* horizontales), soit la couleur (*i.e.* rouge *vs* vert), soit les deux caractéristiques (*i.e.* lignes et couleur) lors de la présentation d'items visuels. Dans ce paradigme, un stimulus cible (par exemple un item rouge) est présenté au milieu d'un écran. Après un temps déterminé, le stimulus cible devient noir et deux stimuli (par exemple un rouge et un vert) apparaissent des deux côtés du stimulus cible. Une réponse correcte (*matching*) correspond à un coup de bec sur le stimulus similaire au stimulus cible (dans notre cas le rouge) et est récompensée par un court accès à la nourriture (Fig. 2). Par la suite les stimuli cibles « complexes » (comprenant des lignes et des couleurs) peuvent être présentés, les animaux devant les associer à des stimuli comprenant seulement des lignes ou seulement une couleur. Les auteurs ont constaté que le nombre d'erreur était plus important lors des essais ou la cible comprenait des éléments de forme et de couleur (Maki & Leith, 1973; Leith & Maki, 1975). Les auteurs proposent donc que les individus testés vont se focaliser sur une caractéristique du stimulus cible ou vont diviser leur capacités attentionnelles entre les deux caractéristiques (ligne et couleur). Ce paradigme est donc employé pour évaluer l'attention sélective mais aussi l'attention divisée chez l'animal (Zentall, 2005).

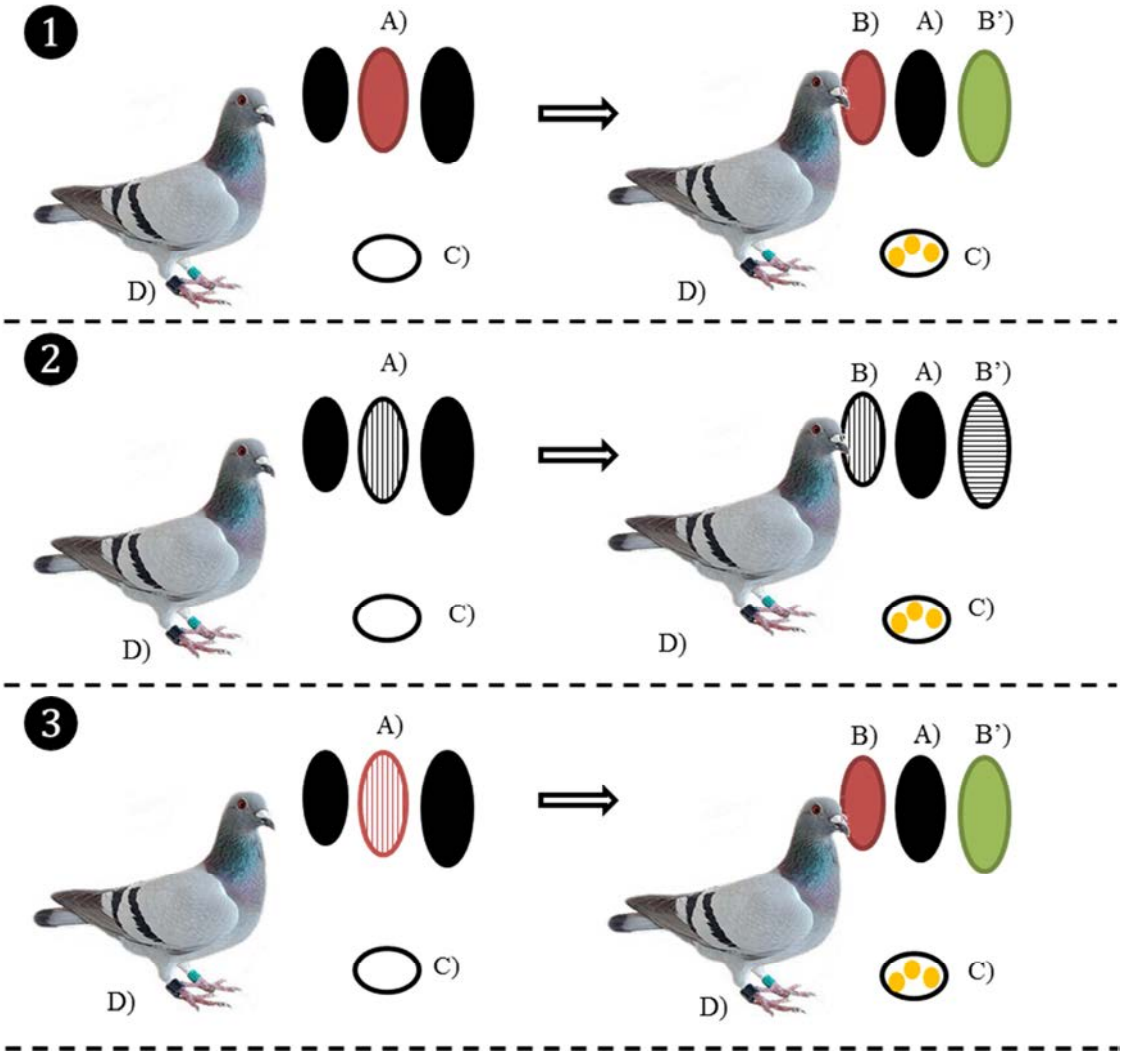


Figure 2 : « matching to sample task » d'après *Maki & Leith, (1973) :* ❶ *« matching » des couleurs : L'animal (D) doit associer le stimulus cible de couleur rouge (A) avec un stimulus similaire (B). Une réponse correcte (matching) correspond à un coup de bec sur le stimulus similaire au stimulus cible (ici le stimulus rouge) et est récompensée par un court accès à la nourriture (c).* ❷ *« matching » de l'orientation des lignes : L'animal (D) doit associer le stimulus cible ayant des lignes verticales (A) avec un stimulus similaire (B). Une réponse correcte (matching) est récompensée par un court accès à la nourriture (C).* ❸ *« matching » de cible « mixte » (comprenant des lignes et des couleurs) : L'animal (D) doit associer le stimulus cible ayant des lignes verticales de couleur rouge (A) avec un stimulus ayant une caractéristique en commun avec le stimulus cible (ici la couleur) (B). Une réponse correcte (matching) est récompensée par un court accès à la nourriture (C).*

- Attention soutenue

L'attention soutenue a aussi été évaluée chez l'animal *via* l'utilisation de conditionnement opérant. McGaughy & Sarter (1995) par exemple ont développé une tâche où des rongeurs doivent répondre à l'apparition de signaux visuels présentés pendant 25, 50 ou 500 millisecondes en actionnant le levier gauche d'une boite de Skinner pour obtenir une

récompense alimentaire. Les rongeurs doivent aussi répondre à l'absence d'apparition de signal (« *blanks* ») en actionnant le levier droit pour obtenir une récompense alimentaire. Le nombre de réponses incorrectes (*i.e.* « *miss* » : l'animal oublie d'appuyer alors que le stimulus visuel est apparu et/ou « *false alarm* » : l'animal appuie fréquemment sur le levier gauche sans apparition du stimulus) (Fig. 3) et de réponses correctes ainsi que le temps de réaction ont été relevés pendant 162 essais pour mesurer l'attention soutenue. Plus les signaux sont présentés rapidement (*e.g.* 25 ms *vs* 500 ms), plus le nombre d'erreurs est important. La diffusion de distracteurs visuels (*e.g.* clignotement de la lumière de la boite de Skinner) entraine aussi de moins bonnes performances pour distinguer les signaux cibles des signaux non pertinents. Les auteurs ont par la suite utilisé ce paradigme pour évaluer l'impact de l'âge des rats sur leurs capacités d'attention soutenue : des rats de 20 mois présentaient une diminution des capacités à discriminer des signaux courts (25 ms) par rapport à des rats âgés de 6 mois (McGaughy & Sarter, 1995). L'administration de benzodiazépine a par ailleurs entrainé une altération des capacités à distinguer les signaux cibles des signaux non pertinents, confortant les auteurs sur la validité des mesures attentionnelles réalisées par ce test (McGaughy & Sarter, 1995).

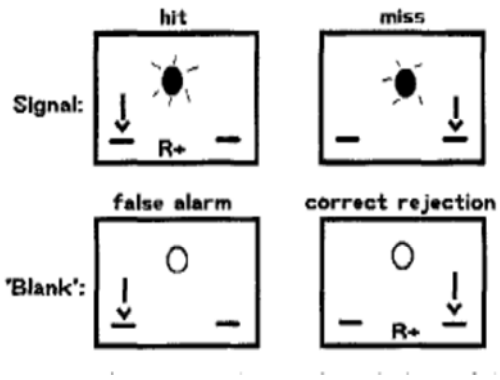


Figure 3 : *Illustration schématique de* ***la tâche d'attention soutenue*** *d'après McGaughy & Sarter, (1995). Lorsque la lumière centrale s'allume (pendant 25, 50 ou 500 ms) les animaux doivent appuyer sur le levier gauche (« hit ») pour obtenir une récompense alimentaire (« R+ »). L'appui sur le levier droit correspond à une mauvaise réponse (« miss ») et n'est pas récompensé. En l'absence d'apparition de signal visuel, les rongeurs doivent appuyer sur le levier droit (« correct rejection ») pour obtenir une récompense alimentaire. L'appui sur le levier gauche correspond à une erreur due à une « fausse alarme » (i.e. le sujet peut essayer d'appuyer fréquemment pour au moins avoir une fois une réponse correcte sans être attentif au dispositif). Afin d'évaluer l'attention soutenue, les animaux étaient testés pendant 162 essais.*

- Attention sélective, divisée et soutenue

L'un des paradigmes les plus fréquemment utilisé pour évaluer différentes formes d'attention (*i.e.* sélective, divisée et soutenue) chez l'animal en contexte expérimental correspond au « *5 choice serial reaction time task* » (5-CSRTT) (Carli *et al.*, 1983; Robbins, 2002). Lors de ce test, des rongeurs sont placés dans une boite de Skinner contenant 5 « ouvertures » (Fig. 4). Les individus apprennent à se diriger et passer le nez dans une des ouvertures lorsqu'un bref éclair de lumière (0.5 seconde) apparait au-dessus de celle-ci, pour ensuite obtenir de la nourriture dans un récipient à l'opposé de la boite (Fig. 4). Une fois l'apprentissage de la tâche acquis, la phase de test *per se* consiste à évaluer le temps de réaction et la proportion à effectuer de bonnes réponses pendant 100 essais consécutifs pour ainsi évaluer l'attention divisée parmi les 5 localisations possibles et l'attention soutenue pendant 100 essais. La diffusion de distracteurs (auditifs et visuels) permet d'évaluer l'attention sélective. Les erreurs (*i.e* passer le nez dans une ouverture ou le stimulus visuel n'a pas été présenté), les oublis (*i.e.* absence de réponse après la présentation du stimulus visuel et ce pendant un temps prédéfini) et les réponses précoces (*i.e.* réponse avant la présentation du stimulus visuel) sont associées à une brève période d'obscurité (« time-out »). Avec ce paradigme, les auteurs ont mis en évidence une diminution du pourcentage de réponses correctes et une augmentation des « oublis » lorsque les stimuli étaient présentés rapidement et de manière imprévisible chez des rats ayant eu des lésions du réseau noradrénergique (Carli *et al.*, 1983; Robbins, 2002).

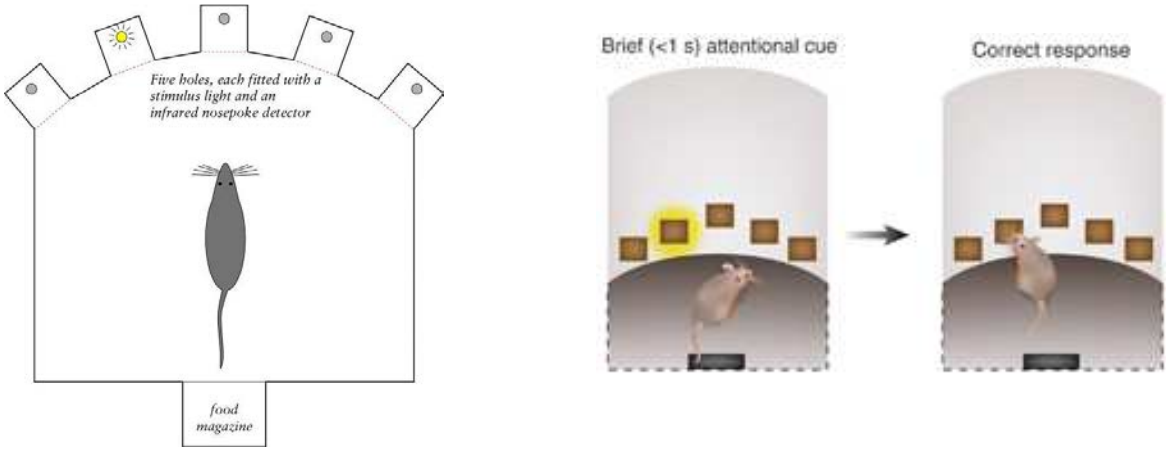


Figure 4 : *Schéma du dispositif utlisé lors du* ***5 choice serial reaction time task*** *(Carli et al., 1983; Robbins, 2002). Les 5 ouvertures contiennent une lumière et un système de détection par infrarouge lors du passage du nez des animaux dans les ouvertures.*

- Orientation de l'attention

L'orientation de l'attention chez l'animal peut être évaluée par des paradigmes se basant sur des réponses vers des stimuli non-conditionnés (*i.e.* « *covert orienting response*») ou conditionnés (*i.e.* détection de cible dans un espace indicé) (Bushnell, 1998). Par exemple, Dunnet *et al.,* (1987) et Welner & Koty, (1993) ont comparé le nombre de « balayage » de la tête effectué par des rongeurs placés dans un environnement nouveau avant et après induction de lésions d'une partie antérieure du cerveau par des toxines. Les rongeurs n'exprimant pas ce balayage de tête ont été caractérisés comme inattentifs. Cependant, l'interprétation de ces variations comportementales reste partielle : les processus évalués peuvent aussi bien dépendre de variations sensori-motrices que de variations attentionnelles *per se* (Bushnell, 1998). D'autres auteurs ont mesuré la tendance de l'animal à explorer les objets nouveaux, permettant ainsi la dissociation entre les changements comportementaux d'ordre sensoriel et d'ordre moteur. Anderson, (1994) a présenté des objets nouveaux à des rats dans un environnement familier et mesuré le temps passé à proximité de ces objets en tant que mesure de l'attention vers des changements de l'environnement. Une corrélation positive a été identifiée entre le temps passé à proximité des objets nouveaux et le volume du cervelet des rats. L'utilisation de paradigmes se basant sur des stimuli non conditionnés permet des mesures rapides, simples, économiques fournissant ainsi des mesures quantitatives de l'orientation de l'attention chez l'animal. Cependant, ces procédures ne permettent pas toujours de distinguer les processus qui sont d'ordre moteur de ceux qui sont d'ordre cognitif. Par ailleurs, ces paradigmes ne permettent pas non plus de discerner les différents types de processus attentionnels impliqués (Bushnell, 1998).

D'autres travaux ont donc utilisé des paradigmes où les stimuli étaient conditionnés, par exemple lors d'une adaptation du paradigme de Posner (*cf* **chapitre 1**) pour évaluer l'orientation de l'attention de macaques rhésus (*Macaca mulatta*) (Bowman *et al.,* 1993). Les auteurs ont entrainé les macaques à fixer visuellement un point central sur un écran et à relâcher une barre tenue dans leur main lorsqu'un stimulus cible apparait à droite ou à gauche du point central pour obtenir un renforcement (*i.e.* de l'eau). Comme lors du paradigme de Posner chez l'homme, le stimulus cible peut être précédé par un indice indiquant le côté probable d'apparition de celui-ci. Cet indice peut être valide et indiquer donc le côté où le stimulus cible apparaît ; soit il est invalide et indique le côté opposé de celui d'apparition du stimulus cible ; soit il est neutre et ne fournit aucune information sur le côté d'apparition du stimulus cible. Comme chez l'homme les temps de réaction des macaques diminuent lorsque

l'indice est valide (Bowman *et al.,* 1993). Les auteurs ont ainsi mis en évidence l'impact de lésions du système cholinergique dans le cerveau antérieur sur les capacités d'orientation attentionnelles (Bowman *et al.,* 1993; Voytko *et al.,* 1994).

Observations spontanées

Certaines études ont visé à évaluer l'attention des animaux en contexte expérimental plutôt que l'identification de modèles animaux de troubles attentionnels chez l'homme. Cependant, très peu d'études ont cherché à caractériser les comportements reflétant l'attention chez une espèce en tant que telle. Par exemple, plusieurs études se sont intéressées aux processus **d'attention sélective** pouvant être impliqués lorsque les animaux sont à la recherche de nourriture en modélisant en contexte expérimental le phénomène de « **recherche d'image** » (*cf* **chapitre 1**). Certains auteurs ont par exemple relevé le temps de réaction des pigeons vers différents types de graines dans des environnements offrant différents niveaux de crypticité. D'autres ont adopté la même procédure expérimentale sur des geais bleus cherchant des photographies de papillons placées sur des troncs d'arbre dont le niveau de crypticité variait (Pietrewicz & Kamil, 1979). L'implication de processus attentionnels lors de ces paradigmes a été confirmée par Blough & Lacourse, (1994). Ces auteurs ont mis en évidence une diminution du temps de réaction des pigeons vers les stimuli cibles lorsque la présentation de ces stimuli était préalablement répétée et prédictive, entrainant une attention sélective vers ces stimuli cibles (Blough & Lacourse, 1994). En évaluant l'attention sélective, d'autres auteurs ont cherché à mettre en évidence les variations de « **distractibilité** », (*i.e.* incapacité à maintenir une attention sélective), en fonction de l'âge chez le chien (Snigdha *et al.,* 2012). Après avoir appris à associer un item visuel avec une récompense alimentaire, les chiens devaient sélectionner cet item parmi d'autres items « distracteurs ». La distractibilité augmentait avec l'âge. Dans l'ensemble des paradigmes précités, les auteurs se sont basés sur des mesures de temps de réaction et de précision de réponse pour identifier des variations d'attention sélective, mais pas nécessairement sur des relevés comportementaux *per se*.

Tableau II: *Evaluation de l'attention chez l'animal en* ***contexte expérimental*** *visant à l'identification de* ***modèles animaux*** *de troubles attentionnels chez l'homme. Evaluation des différents types d'attention identifiés initialement chez l'homme, présentation des paradigmes utilisés, de leurs caractéristiques et des mesures relevées (TR : temps de réaction). La plupart des paradigmes se basent sur des conditionnements.*

Type d'attention évalué	Paradigme	Caractéristiques	Mesures	Conditionnement	Publications
Attention sélective	Inhibition latente	Diminution de l'attention	Précision et TR	Oui	Solomon *et al.,* (1981) Feldon & Weiner (1991) Dunn *et al.,* (1993)
	Blocage	Diminution de l'attention	Précision et TR	Oui	Solomon *et al.,* (1981) Crider *et al.,* (1982)
	« Match to sample »	Contrôle du stimulus	Précision et TR	Oui	Leith & Maki (1975)
Attention divisée	« Match to sample »	Contrôle du stimulus	Précision et TR	Oui	Leith & Maki (1975)
Attention soutenue	Détection de signal	Détection au cours du temps	Précision et TR	Oui	McGaughy & Sarter (1995) Bushnell *et al.,* (1997)
Orientation	« Balayage » de la tête	Orientation de l'attention générale	« Balayage » de la tête (temps)	Non	Dunnet *et al.,* (1987) Devenport & Hale (1989) Welner & Koty (1993)
	Exploration d'objets	Néophilie	Comportements exploratoires (temps)	Non	Marshall & Gotthelf (1979) Anderson (1994)
	Détection de signal indicé	Changement d'orientation de l'attention	Réponses correctes et TR	Oui	Petersen *et al.,* (1985) Bowman *et al.,* (1993) Voytko *et al.,* (1994)
Orientation de l'attention, attention sélective, divisée et soutenue	Five Choice Serial RT	Changement d'orientation de l'attention, attention spatiale divisée, attention soutenue, distraction	Réponses correctes et TR	Oui	Carli *et al.,* (1983) Robbins (2002) Muir *et al.,* (1992)

Certaines études portant sur **l'attention sociale** chez l'animal ont permis de caractériser l'attention visuelle chez plusieurs espèces d'oiseaux et de mammifères en se basant sur la fréquence et la durée des regards de l'individu observateur vers l'individu démonstrateur (*e.g. grand corbeau et choucas des tours :* Scheid *et al.*, 2007; *kéas, chiens et humains* : Range *et al.*, 2009 ; *ouistitis :* Range & Huber, 2007). Plusieurs auteurs se basent sur deux processus pour caractériser l'attention des animaux dans ce contexte : « *attention getting process* » qui correspond à la manière dont l'individu va regarder le stimulus (fréquence) et « *attention holding process* » qui détermine combien de temps le sujet va continuer à regarder le stimulus une fois qu'il l'a regardé (durée) (Cohen, 1972). Cependant, plusieurs études chez différentes espèces ont montré que l'affiliation, le statut hiérarchique, le sexe ou l'âge de l'individu démonstrateur peut moduler l'attention et les performances d'apprentissage des individus observateurs (Choleris e*t al.*, 1997; Choleris & Kavaliers, 1999; Nicol, 2004; Scheid *et al.*, 2007). Ces mesures attentionnelles dans un contexte social peuvent donc permettre d'identifier des indicateurs comportementaux et posturaux de l'attention, mais l'attention sera dépendante des caractéristiques du démonstrateur. Dans ce type de paradigme, on peut supposer que les variations individuelles d'attention seront sous-tendues par les caractéristiques des individus démonstrateurs ne permettant pas nécessairement de refléter les caractéristiques individuelles d'attention *per se*.

D'autres études ont évalué l'attention dans un contexte d'interaction **homme-animal**. De nombreuses études récentes mettent en évidence une sensibilité des animaux aux indices émis par l'homme. Pour localiser des ressources alimentaires, effectuer des choix, diriger des comportements de quémande, les animaux sont capables d'utiliser des indices émis par l'homme comme source d'information, tels que les gestes (*e.g.* pointage), l'orientation du corps, de la tête et des regards (*chiens*: Horn *et al.*, 2012 ; *chèvres*: Kaminski *et al.*, 2005 ; *cheval*: Maros *et al.*, 2008 ; *dauphin*: Xitco *et al.*, 2004 ; *corbeaux*: Schloegl *et al.*, 2008 ; *primates non humains* : Maille *et al.*, 2012 ; pour une revue Miklósi & Soproni, 2006). D'autres études ont mis en évidence l'impact de la familiarité de l'homme sur l'état attentionnel de l'animal où l'animal portera plus son attention vers une personne familière plutôt que vers une personne non familière (*e.g.* chien: Mongillo *et al.*, 2010; *e.g.* cheval: Baragli *et al.*, 2009; Sankey *et al.*, 2011). Ces études évaluent les capacités attentionnelles des animaux vers l'homme en se basant sur l'orientation du regard et, par exemple, sur les pourcentages de bonnes réponses pour obtenir de la nourriture. Mais là encore, les caractéristiques attentionnelles des animaux peuvent être fonction de divers facteurs tels que

la sensibilité individuelle pour la nourriture lors de tâche de localisation de ressources alimentaires, ou les expériences préalables que chaque individu a pu avoir avec l'homme (*e.g.* cheval: Hausberger & Muller, 2002; Fureix *et al.*, 2009a). Ces facteurs peuvent avoir un impact sur l'attention et ne pas forcément refléter les caractéristiques individuelles *per se*.

Caractéristiques attentionnelles et variations individuelles chez une espèce donnée: le cheval domestique

Chez le cheval en **conditions spontanées**, l'expression de l'attention peut être fonction de la nature des stimuli (*e.g.* sons familiers, partenaires sociaux, prédateurs). Le cheval peut « scanner son environnement » (*i.e.* comportement d'**observation),** regarder fixement dans la direction d'un stimulus (*i.e.* **« regard »),** exprimer des comportements de **vigilance** c'est-à-dire d'un état d'**alerte** ou passer à un état **d'alarme** (Kiley-Worthington, 1976). Ce gradient d'attention sera traduit par des composantes locomotrices et posturales (*e.g.* Wolff *et al.*, 1997). Les chevaux peuvent être confrontés à des stimuli environnementaux de **différentes modalités** mais majoritairement d'ordre visuel ou auditif. Les stimuli de l'environnement peuvent être non visibles, la première détection des stimuli est donc d'ordre auditive (mouvement d'oreille), mais elle provoque rapidement des mouvements de tête en direction du stimulus (Austin & Rogers, 2012; Leblanc & Weiss, 2013). Le même pattern a été identifié lors de la diffusion de vocalisations de congénères, les chevaux orientent d'abord une ou deux oreilles vers le haut-parleur et tournent la tête rapidement, orientant leur regard en direction du haut-parleur (Basile *et al.*, 2009; Lemasson *et al.*, 2009). Ces études suggèrent un traitement bimodal des stimuli environnementaux, les chevaux orientant d'abord leurs oreilles vers un stimulus auditif pour localiser la source (*i.e.* traitement auditif), tournant ensuite leur tête pour préciser et améliorer les informations sur le contexte d'apparition du stimulus (*i.e.* traitement visuel et auditif) (Waring, 2003), démontrant la prégnance du traitement visuel même lorsque les stimuli sont de modalité auditive.

En **contexte expérimental**, l'attention des chevaux a majoritairement été mesurée lors **d'interactions homme-cheval** en se basant sur l'orientation du regard, de la tête et des oreilles des chevaux. La plupart des études ont exploré les capacités des chevaux à localiser des ressources alimentaires, effectuer des choix, sur la base d'indices émis par l'homme comme source d'information, tels que les gestes (*e.g.* pointage), l'orientation du corps, de la tête et des regards (McKinley & Sambrook, 2000 ; Maros *et al.*, 2008 ; Proops & McComb,

2010). Les chevaux ont aussi été identifiés comme étant sensibles au positionnement et au contact visuel de l'homme lors d'une interaction (André *et al.,* subm). Les chevaux sont capables de discriminer entre une personne familière et non familière en ayant une représentation multimodale de l'homme (visuelle, auditive, olfactive) (Lampe & Andre, 2012; Proops & McComb, 2012). Par exemple, lors d'une tâche d'obéissance, se basant sur un paradigme de « violation des attentes » ils vont passer plus de temps à observer une personne non familière remplaçant une personne familière (Sankey *et al.*, 2011). La discrimination de personnes familières *versus* non familière peut être durable dans le temps, impliquant une mémoire de l'homme et de sa valence (Baragli *et al.,* 2009; Sankey *et al.*, 2010a).

L'évaluation des **capacités cognitives** des chevaux en contexte expérimental implique indirectement l'évaluation des processus attentionnels. On peut supposer que l'évaluation de capacités cognitives telles que les capacités de discrimination (Sappington *et al.,* 1997), de catégorisation d'objet (Hanggi, 1999), d'apprentissage instrumental (Wolff & Hausberger, 1996) implique des processus attentionnels qui ne sont pas nécessairement mesurés dans ces études. Par exemple, lors de l'exploration des capacités de catégorisation certains auteurs mettent en évidence la nécessité d'avoir accès à plusieurs essais avant que le cheval ne puisse apprendre correctement la forme d'un objet donné. Les auteurs suggèrent que le cheval puisse voir d'abord l'objet et ses caractéristiques, pour ensuite allouer toute son attention pour apprendre et mémoriser les caractéristiques de l'objet (Hanggi, 2010).

Certaines caractéristiques intrinsèques ont été identifiées comme des facteurs de modulation des capacités cognitives chez le cheval. Par exemple, les capacités d'apprentissage semblent être influencées par le **sexe** des chevaux : de jeunes juments apprennent plus rapidement que de jeunes mâles lors d'une tâche d'apprentissage spatial (*i.e.* tâche de détour) mais pas lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) (Wolff & Hausberger, 1996).

Les capacités d'apprentissage peuvent être influencées par des facteurs **génétiques**. Lors d'un test de discrimination visuelle, des chevaux doivent distinguer des portes derrière lesquelles de la nourriture est cachée par rapport aux portes ne dissimulant pas de nourriture, en se basant sur les items visuels différents sur les portes (Mader & Price, 1980). Les chevaux de race « quarter horses » ont appris plus rapidement que les chevaux « pur-sang » (Mader & Price, 1980). Des pur-sangs ont aussi moins bien appris lors d'un test d'apprentissage par observation que des chevaux non pur-sang (Lindberg *et al.,* 1999). Dans une étude incluant de

nombreuses races, Hausberger *et al.*, (2004) ont montré que des chevaux de races Arabes, Anglo-Arabes et Selle-français sont moins performants lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) que des chevaux de race Camargue, Fjord ou Mérens (Hausberger *et al.*, 2004). Ces différences pourraient être dues en partie à une réactivité émotionnelle (*i.e.* ensemble de changements comportementaux et physiologiques ayant lieu dans des contextes anxiogènes, Hall, 1941; Boissy, 1995), plus marquée chez certaines races qui pourrait altérer les performances d'apprentissage (Heird *et al.*, 1986; Waran & Casey, 2005). Cependant, une influence génétique est indéniable. Des différences de performances claires ont été identifiées entre les descendants d'étalons différents dans des tâches d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) même s'ils vivaient dans les mêmes conditions (Wolff & Hausberger, 1996).

Les capacités d'apprentissage sont influencées par **l'âge** des chevaux. Houpt *et al.*, (1982) ont montré que des poulains apprennent plus rapidement par rapport à leurs mères adultes. Lindberg *et al.*, (1999) ont trouvé que des jeunes chevaux explorent plus le dispositif expérimental à manipuler pour obtenir de la nourriture lors d'un paradigme d'apprentissage social. A l'inverse, Wolff & Hausberger (1996) ont observé des jeunes chevaux âgés de 1 à 3 ans et n'ont pas identifié de différences de performances d'apprentissage en fonction de l'âge.

Le comportement général et les capacités cognitives des chevaux peuvent aussi être influencés par le **tempérament** des animaux. Certains auteurs définissent le tempérament par « un ensemble de différences biologiques individuelles dans les tendances comportementales, qui sont présentes tôt dans la vie de l'individu et relativement stables à travers des situations variées et à travers le temps » (Bates, 1989). D'autres auteurs définissent le tempérament comme « la matière première » de l'animal, qui une fois modulée par des facteurs culturels ou environnementaux, correspond à la personnalité (Hall, 1941).

Beaucoup d'études sur le tempérament chez l'animal se sont focalisées sur l'émotivité ou la **réactivité émotionnelle** (Boissy, 1995), qui peuvent être caractérisée par la peur ou la colère chez l'homme (Jones, 1987; Buss, 1989). Chez le cheval de fortes différences interindividuelles de réactivité émotionnelle ont été identifiées, qui pour certaines études, étaient stables au cours du temps ou entre les situations (Le Scolan *et al.*, 1997; Wolff *et al.*, 1997 ;Visser *et al.*, 2001, 2002; Lansade *et al.*, 2008a). Ces différences de réactivité

émotionnelle peuvent être testées *via* 1) « le test de l'arène »: un test se rapprochant d'un test d'open-field, ou le cheval est seul dans un environnement qui lui est familier (à la différence du test d'open-field ou l'environnement est nouveau). Ce test évalue la réactivité émotionnelle face à un isolement social et peut ainsi refléter « le degré » de grégarité de l'animal; 2) « le test de l'objet nouveau », au cours duquel le cheval est laissé libre de ses mouvements dans un environnement familier où il est confronté à un objet inconnu ; 3) « le test du pont » ou le cheval est emmené par l'homme pour passer sur un objet inconnu. Ces deux derniers tests reflètent quant à eux la peur chez l'animal (Le Scolan *et al.*, 1997; Wolff *et al.*, 1997 ;Visser *et al.*, 2001, 2002; Lansade *et al.*, 2008a). Au cours de ces tests, les auteurs peuvent relever des aspects comportementaux (*e.g.* exploration de l'objet, Visser, 2002), locomoteurs (*e.g.* surface parcourue, Momozawa *et al.*, 2003) et posturaux (*e.g.* posture de la queue, Wolff *et al.*, 1997). Ces différences individuelles de réactivité émotionnelle chez le cheval peuvent être sous-tendues par une influence génétique : les descendants d'un même étalon ont présenté les mêmes patterns comportementaux lors des tests cités précédemment (Le Scolan *et al.*, 1997; Wolff *et al.*, 1997; Lankin & Bouissou, 1998). Cependant, la réactivité émotionnelle peut être multifactorielle. L'origine paternelle semble plutôt influencer les réactions lors du test d'objet nouveau évaluant la peur. Des facteurs environnementaux, comme le type de travail effectué par les chevaux, semblent influencer les réactions lors du test de l'arène évaluant la réaction à l'isolement social. La réactivité émotionnelle peut donc être issue d'une interaction entre des facteurs génétiques et des facteurs environnementaux (Hausberger *et al.*, 2004; Søndergaard & Halekoh, 2003; Søndergaard & Ladewig, 2004).

Des différences individuelles de **capacités d'apprentissage** ont été identifiées comme pouvant être stables au cours du temps (Visser *et al.*, 2003) ou entre les situations (Le Scolan *et al.*, 1997). Toutefois, d'autres études n'ont pas identifié cette stabilité au cours du temps chez des jeunes chevaux (1-3 ans) (Wolff & Hausberger, 1996; Hausberger & Richard-Yris, 2005). Par ailleurs, aucune stabilité des capacités d'apprentissage entre différents tests évaluant ces capacités n'a pu être mise en évidence (Wolff & Hausberger, 1996; Visser *et al.*, 2002). Cependant, les capacités d'apprentissage évaluées en conditions expérimentales chez des chevaux de centre équestre se sont avérées être corrélées aux capacités d'apprentissage au travail, évaluées par des moniteurs interagissant avec ces mêmes chevaux de manière quotidienne (Le Scolan *et al.*, 1997). Ces résultats suggèrent une stabilité des capacités d'apprentissage entre les situations.

Certains auteurs définissent la réactivité envers l'homme et la réactivité sensorielle comme des traits de tempérament chez le cheval (Lansade & Bouissou, 2008 ; Lansade *et al.*, 2008b). Cependant ces hypothèses peuvent être controversées car il existe un effet majeur de l'expérience vécue par les chevaux sur leurs réactions à l'homme subséquentes (Fureix *et al.*, 2009a; Henry *et al.*, 2006). La réactivité sensorielle peut dépendre fortement de l'état de bien-être / mal-être de l'animal, sous- tendu par des facteurs environnementaux tels que le travail ou les conditions d'hébergement (Fureix *et al.*, 2012; Hausberger *et al.*, sous presse). Les différences individuelles comportementales (*e.g.* réactivité émotionnelle) et cognitives (*e.g.* capacités cognitives) s'avèrent donc être **multifactorielles** chez le cheval. Ces différences seraient plutôt dépendantes de certaines « susceptibilités » génétiques en interaction avec des facteurs environnementaux (Hausberger & Richard-Yris, 2005).

En conditions expérimentales, une seule étude a tenté de caractériser l'attention des chevaux (Rapin *et al.*, 2007). Au cours de cette étude, l'attention de 49 chevaux vivant tous au même endroit, de races diverses (24 demi-sang, 22 franches-montagnes, 1 anglo-arabe, 1 pur-sang, 1 frison), de différents sexes (35 étalons, 6 hongres et 8 juments), et d'âges différents (de 3 à23 ans) regroupés en 3 classes d'âges (10 jeunes de 3-7 ans ; 23 chevaux d'âge moyen de 8-14 ans ; 13 « vieux » de 15-23 ans) a été évaluée. Les durées d'attention des chevaux ont été mesurée en se basant sur la méthode du conditionnement opérant utilisant un renforcement positif primaire (Skinner, 1938). Les chevaux ont appris une tâche instrumentale où la diffusion d'un premier stimulus auditif annonçait le début du test et la diffusion d'un second stimulus auditif correspondait à la possibilité de toucher un cylindre avec les naseaux pour obtenir une récompense alimentaire. Une fois la tâche apprise, le test *per se* consistait à évaluer le temps d'attente pendant lequel le cheval pouvait rester concentré sur le dispositif. Ce temps « d'attente » ou de « concentration » était évalué en augmentant le temps entre la diffusion des 2 stimuli auditifs (par pallier de 2 secondes puis 4, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 jusqu'à 70 secondes). Ce temps d'attente ou de concentration pourrait correspondre à une mesure d'attention soutenue du cheval, celui-ci devant rester focalisé sur le dispositif et donc exprimer le même comportement de manière continue pendant un temps donné. L'absence de réponse ou l'émission d'une réponse avant l'apparition du deuxième stimulus étaient considérées comme un échec.

Afin d'évaluer la stabilité de l'attention au cours du temps, les auteurs ont aussi réalisé ce même test 3 semaines plus tard (Rapin *et al.*, 2007). Avec ce paradigme, Rapin *et al.*, (2007) ont mis en évidence une durée moyenne d'attention maximale de 11.8 secondes pour

le premier test et de 10.7 secondes pour le deuxième test trois semaines plus tard. Les durées d'attention lors du premier test étaient fortement corrélées aux durées d'attention lors du deuxième test révélant une stabilité des caractéristiques attentionnelles des chevaux testés. Par ailleurs, ces caractéristiques attentionnelles semblaient être influencées par l'âge des individus, les chevaux plus jeunes (3-7 ans) ayant des durées d'attention plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors du premier test (Fig. 5).

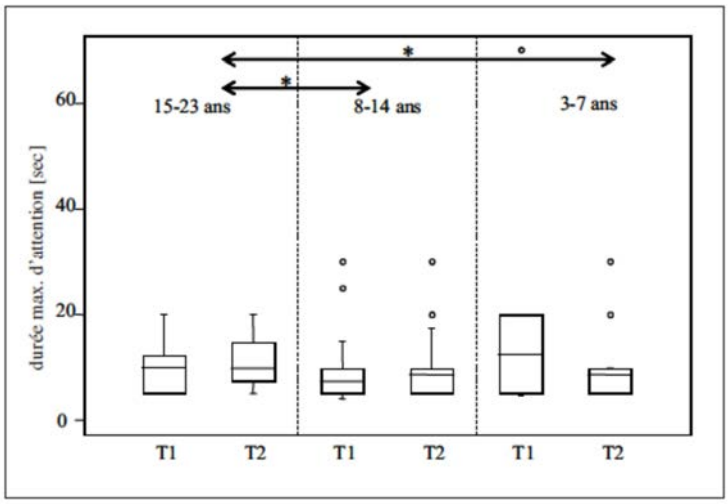


Figure 5 : *Variation d'attention soutenue en fonction de l'âge des chevaux. Les chevaux de 3 à 7 ans ont des durées d'attention plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors du premier test (T1), aucune différence n'a été identifiée lors du deuxième test (T2). D'après Rapin et al., 2007.*

Cependant, les chevaux plus jeunes ont montré une diminution de leurs durées d'attention lors du deuxième test alors que les chevaux plus âgés avaient des performances similaires ou améliorées. Ces travaux ont permis une réflexion méthodologique quant à la manière d'évaluer l'attention chez le cheval. Cette étude révèle 1) des capacités d'attention soutenue limitée dans le temps ; 2) des différences individuelles stables dans le temps ; 3) un impact de l'âge des animaux. L'apprentissage de la tâche instrumentale est cependant complexe. Ce protocole demandait à être simplifié pour répondre aux besoins de notre étude et être applicable aux conditions « de terrain ».

Toutefois, l'étude de Rapin *et al.,* (2007) a permis de renforcer l'idée que l'étude de l'attention était réalisable et prometteuse chez le cheval. Le développement de nouveaux tests expérimentaux apparaissait nécessaire. Les chevaux étant soumis à diverses stimulations dans leur contexte de vie habituelle, les modalités visuelle et auditive se devaient d'être explorées. Pour pouvoir appliquer des tests sur un grand nombre de chevaux, dans différents sites, il était aussi important d'avoir une méthodologie simple, rapide, pouvant être répliquée et validée par

confrontation avec d'autres situations (expérimentales ou spontanées). Le choix des stimuli devait dépendre de leur potentielle valence émotionnelle. Les stimuli devaient être non anxiogènes pour ne pas évaluer un état d'alarme plutôt que l'attention des animaux. Ainsi, la création de tests expérimentaux implique que les tests et les mesures relevés répondent aux critères de validité (*i.e.* l'instrument utilisé mesure bien ce qu'il est censé mesurer et il fournit bien une information pertinente par rapport à la question posée) et de fiabilité (*i.e.* répétabilité et constance des mesures) (Martin & Bateson, 1993). Pour cela, il est possible de corréler les réponses obtenues lors de ces tests avec les réponses à des tests dont l'interprétation est déjà connue. C'est par cette méthode que des tests mesurant la peur ont pu être validés (*e.g.* Jones, 1988; Boissy & Bouissou, 1995). D'un point de vue appliqué, les tests doivent aussi être rapides à réaliser afin de pouvoir tester le plus grand nombre d'animaux possible et dans un temps aussi court que possible de telle sorte que les conditions de tests soient les plus similaires entre les animaux. Enfin, ils doivent bien entendu permettre de répondre à la question posée. La critique que l'on peut parfois faire à certaines situations de tests est qu'elles peuvent être inappropriées et conduire à des comportements anormaux ou mal adaptés, qui sont spécifiques à la situation de test (Timberlake, 1997).

Au cours de ce chapitre, nous présenterons tout d'abord la méthodologie adoptée pour développer et valider un test d'attention visuelle (**article 1**). Ce test a été réalisé dans les conditions de vie habituelles des chevaux, limitant ainsi le stress et permettant l'expression des comportements spontanés des individus. La validité (*i.e.* le test utilisé mesure-t-il bien l'attention des chevaux ?) et la fiabilité (*i.e.* répétabilité et constance des mesures) ont été vérifiées. Ainsi, les données obtenues lors du test d'attention visuelle ont été mise en relation avec : 1) les réponses obtenues lors d'un test communément employé dans la littérature pour évaluer l'attention et dont l'interprétation est déjà connue ; 2) les comportements d'attention / de distractibilité lors d'une situation de travail (*i.e.* exercice de longe) couramment utilisée dans la filière équine (Lansade, 2005; Rivera *et al.*, 2002) (**article 2**). Enfin, puisque les chevaux sont confrontés à différents stimuli au quotidien, une comparaison de l'attention en fonction de la modalité du stimulus (*i.e.* visuelle *vs* auditive) paraissait indispensable (**article 3**). Ces mesures permettront d'identifier les liens ou les disparités d'attention en fonction de la modalité sensorielle testée.

Synthèse de l'article 1

Questions : Bien qu'il soit admis que l'attention du cheval varie d'un individu à l'autre, sa caractérisation (*i.e.* durée, structure) n'a que rarement été abordée. Quelle méthodologie serait adaptée pour évaluer l'attention visuelle du cheval ? Quelles pourraient être les mesures pertinentes ? Existe-t-il des différences individuelles des capacités attentionnelles ? Existe-t-il une stabilité de ces caractéristiques individuelles au cours du temps ?

Méthodes : Cette étude a consisté à développer un test d'attention, applicable dans différents sites (*e.g.* centre-équestre, élevages…) pour ainsi permettre de caractériser et comparer les caractéristiques attentionnelles d'un grand nombre chevaux. Un test d'attention visuelle a été développé puis réalisé sur douze juments poulinières vivant dans les mêmes conditions. Ce test consistait à diffuser un stimulus visuel non familier et mobile dans l'environnement habituel des chevaux. Chaque jument a été testée individuellement pendant 5 minutes par jour et ce pendant 3 jours consécutifs. Pour tester la stabilité des caractéristiques attentionnelles au cours du temps, une 2ème session de test a été réalisée 6 mois plus tard. Des mesures temporelles (*i.e.* temps de réaction et durée d'orientation des organes sensoriels vers le stimulus) et de la structure de l'attention (*i.e.* nombre de séquences d'attention, durée de ces séquences, fractionnement de l'attention) ont été relevées.

Résultats : L'attention des chevaux vers un stimulus visuel inhabituel est mobilisée très rapidement. L'attention s'articule autour de séquences de regards courtes et répétées. Des différences individuelles claires ont été identifiées, en termes de durée, de structure mais aussi de niveau d'attention allouée au stimulus visuel. Deux niveaux d'attention caractérisés par des comportements et des postures différentes ont pu être identifiés : « l'attention visuelle globale » et « l'attention fixe » où tous les organes sensoriels sont mobilisés. Même si un phénomène d'habituation et donc de mémorisation de la tâche a pu être identifié, toutes les caractéristiques attentionnelles se sont révélés stables au cours du temps (*i.e.* les juments les plus attentives lors de la première session de test l'étaient aussi 6 mois plus tard).

Conclusion : Ce test met en évidence des indicateurs pertinents de l'attention visuelle des chevaux en contexte expérimental. Des différences individuelles stables au cours du temps ont pu être identifiées. Ce test apparait être un outil prometteur, simple à réaliser et donc applicable partout, qui permettra une comparaison individuelle quantitative, et ainsi l'identification de profils d'attention chez le cheval domestique.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

How domestic horses (*Equus caballus*) pay attention? Characterization of visual attention

Material and methods

1. Ethical note

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilisation protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance to the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the research station in Chamberet, France.

2. Subjects

Twelve breeding mares, aged 5 to 17 years ($\overline{X}$ ± SE=8.9±1.1), from Anglo-Arabian (n=10) and French Saddlebred (n= 2) breeds, were observed in April (session 1) and November (session 2) 2013 (Table I). All mares were born and raised under the same living conditions at the 'Station Expérimentale des Haras Nationaux' (SEHN), "Institut Français du cheval et de l'équitation (IFCE)", located in the southwest of France. The mares were maintained all year round as one group in large pastures during summer and in large communal stalls during winter. Human interventions were limited to routine procedures (*i.e.* feeding, weighing). They were occasionally housed in single stalls for a limited amount of time (1-2 times per year). At the first session, none of the mares was pregnant. At the session 2, they were in the early stage of gestation (5 months) except for 2 of them.

Table I: subjects' characteristics: breed and age. Codes: subjects' codes; Breed: AA: Anglo-Arabian, SF: French Saddlebred; Age: in years.

Codes	Breed	Age
1	AA	5
2	AA	5
3	AA	6
4	AA	6
5	AA	7
6	AA	7
7	AA	8
8	SF	9
9	SF	10
10	AA	13
11	AA	14
12	AA	17

3. Procedure: the visual attention test (VAT)

Test settings

A new attention test was developed that measured horses' spontaneous visual attention towards an unfamiliar, moving, green visual circular stimulus (Ø1cm) issued from a laser pointer (Laser point, PEARL). Horses have high abilities to detect movements due to a horizontal visual streak containing a high proportion of cones to rods (Hebel, 1976; Harman *et al.*, 1999). They show stronger behavioural responses towards a moving stimulus compared to stationary stimulus (McCall *et al.*, 2006). As horses are dichromate and assumed to discriminate green from grey better than red (Blackmore *et al.*, 2008), we used a green light. The procedure was as follows:

- the experimenter entered the stall, approached the animal, equipped it with a halter and a rope and then placed it gently in front of the stall door.
- the horse was then left unrestrained (the rope being placed over its neck) and hence able to move freely. The experimenter (CR) stood motionless in the middle of the stall, facing the stall door, on the left side of the horse and with the arms alongside the body (Fig. 1a).
- finally, the light projection was activated by the experimenter as soon as the horse's head was directed towards the stall door. The green light issued from a laser pointer was projected on the horse's stall door during 5 minutes (*i.e.* 300s). The experimenter expressed round, vertical and horizontal movements with the light (Fig. 1b).

a) 

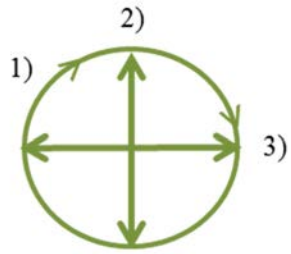
b) 

Figure 1: **The VA test: a) example of attentional behaviour** Gaze, ears, head and neck oriented towards the light projection; b) 1) round, 2) vertical and 3) horizontal light movements.

In order to examine the potential impact of the novelty of the situation and to increase the reliability of measures, this test was performed once a day, on 3 consecutive days (D1-D3). Two sessions of 3 daily tests were performed at 6-months interval (session 1 in April: D1, D2, D3 & session 2 in November: D1', D2', D3') in order to test stability over time of individual attentional abilities. All tests were videotaped using a digital video camera (Sony, HDR-

XR105 ®) by a second experimenter (MHO), also standing motionless in the right corner of the stall, and the data were transcribed later.

In order to test the mares individually, they were housed in individual stalls (4x4m) 24h prior to testing (*i.e.* habituation phase) and during the whole period of testing. Animals were fed commercial pellets and hay twice a day (8:00; 17:00) and had water *ad libitum* (*i.e.* automatic drinker). Each stall was cleaned twice a week, when the mares were turned out in pasture for half a day.

4. Measures (table II)

Horses' overall attention towards the visual stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). Reaction time in seconds (*i.e.* time between the first movement of the stimulus and the first horse's gaze towards the stimulus) was scored and used as a measure of *attentional capture*. For subjects that did not gaze towards the stimulus during the test, a maximum reaction time score of 300 seconds was assigned. Gaze was differentiated from glance as a visual fixation which lasted at least one second (Blois-Heulin, 1999). Monocular gaze was defined when horse's head was oriented at less than 45° to the right or to the left with eyes towards the visual stimulus at least one second of gazing fixedly. Binocular gaze was defined when horse's head and both eyes were oriented forward towards the visual stimulus, at least one second of gazing fixedly (Hughes, 1977). The end of a gaze was defined when horses' head started to move. In 65 % of the case horses also showed eye blinking, suggested as a refocusing of attention phenomenon (Lampe & Andre, 2012; Evinger, 1995).

In order to examine the structure of overall attention, we scored the *number of gazing sequences* (*i.e.* number of times where horses gazed towards the stimulus during the 5-minute test), the *duration of each gazing sequence (in seconds)* and the indices of attention's fragmentation corresponding to a ratio *number of gazing sequences / total duration of gazes within 5 minutes of test (number/seconds)*. The higher the indice was, the more the attention was fragmented. The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (*i.e.* sum of all duration of each gazing sequence during the 5-minute test) (Table II). Within the overall visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention", described in the literature as a high degree of attention (Waring, 2003; Hanggi & Ingersoll, 2012). In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring,

2003). Thus, the *number of fixed attention sequences,* the *duration of each fixed attention sequence (in seconds), the fragmentation indices,* as well as the *total duration of fixed attention* (*i.e.* sum of each fixed attention sequence, in seconds) were measured. No horse expressed fear behaviours (*i.e.* alarm posture associated with dilated nostrils and snorting, elevation of the tail and active walk in the box, Wolff *et al.,* 1997; Kiley-Worthington, 1976), which ensured us that we measured attention *per se*.

Table II: **Type and definition of attention behaviours measures.**

Behaviour	Description	Posture	measures
Total attention	Horse gazed towards the stimulus with binocular or monocular visual field during at least 0.5 second.	Horse's head oriented at less than 45° to the right or to the left towards the visual stimulus.	number of gaze (nb) duration of gaze (s) total duration of all gazes (s) ratio nb gaze/total duration of gazes (nb/s)
Fixed attention	Horse gazed towards the stimulus with binocular visual field during at least 1 second, both ears pointed towards the stimulus, immobility of the horse's body.	Horse's head oriented forward, both ears oriented forwards, tense and motionless neck oriented forward, all horse body motionless.	number of "fixed" gaze (nb) duration of "fixed" gaze (s) total duration of all "fixed" gazes (s) ratio nb gaze/total duration of gazes (nb/s)

5. Statistical analyses

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). We summed up all 3 days individual variables in session 1 and in session 2 (from D1 to D3) in order to identify overall differences or links between the two sessions. Habituation effect on all variables (*i.e.* reaction time, total duration of attention, number of sequences, duration of sequences and the fragmentation's indices) was evaluated using Wilcoxon signed-rank tests between session 1 and 2. Stability over time was explored using Spearman's correlation between session 1 and 2. Variation over the 3 consecutive days among one session was identified using Friedman tests on raw data along the testing days. Multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed-rank t-tests with FDR correction ("False discovery rate") to keep the type I error constant (Benjamini & Hochberg, 2000) were used to identify day impact. Relationships between variables within the same day or between days of testing were evaluated by Spearman's correlation tests. These analyses were run with

Statistica 7.1 software © and (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. Horse's attentional behaviour during the VAT

a) First day

On the first day of testing, all mares gazed at least once at the stimulus, providing evidence that all of them perceived it. All but one exhibited at least once a sequence of fixed attention. The reaction time was short, with most mares (9 out of 12) first gazing towards the stimulus within 5 seconds. Individual variations were nevertheless important, with a range of 0.8 seconds to 168.0 seconds (CV=266%) (Table III).

The total duration of overall attention varied between 8.0 and 172.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=45.8±45.3s) with the number of attention sequences varying between 2.0 and 28.0 ($\overline{X}$ ±SE=12.3±2.2) and showing a mean duration between 1.0 and 6.6 seconds ($\overline{X}$ ±SE=3.7±2.0 s). The fragmentation's indices varied between 0.2 and 1.1 ($\overline{X}$ ±SE=0.4±0.1 nb/s). Fixed attention duration within the 5 minutes of test varied from 0.0 to 56.6 seconds ($\overline{X}$ ±SE=12.3±16.4s) including a number of fixed attention sequences from 0.0 to 22.0 ($\overline{X}$ ±SE=5.5±6) which ranged from 0.0 to 3.2 seconds ($\overline{X}$ ±SE=1.8±0.8s). The fragmentation's indices varied between 0.3 and 0.7 ($\overline{X}$ ±SE=0.5±0.1 nb/s). In all cases (overall and fixed attention), the duration of sequences was mostly of a few seconds (Fig. 2 a,b).

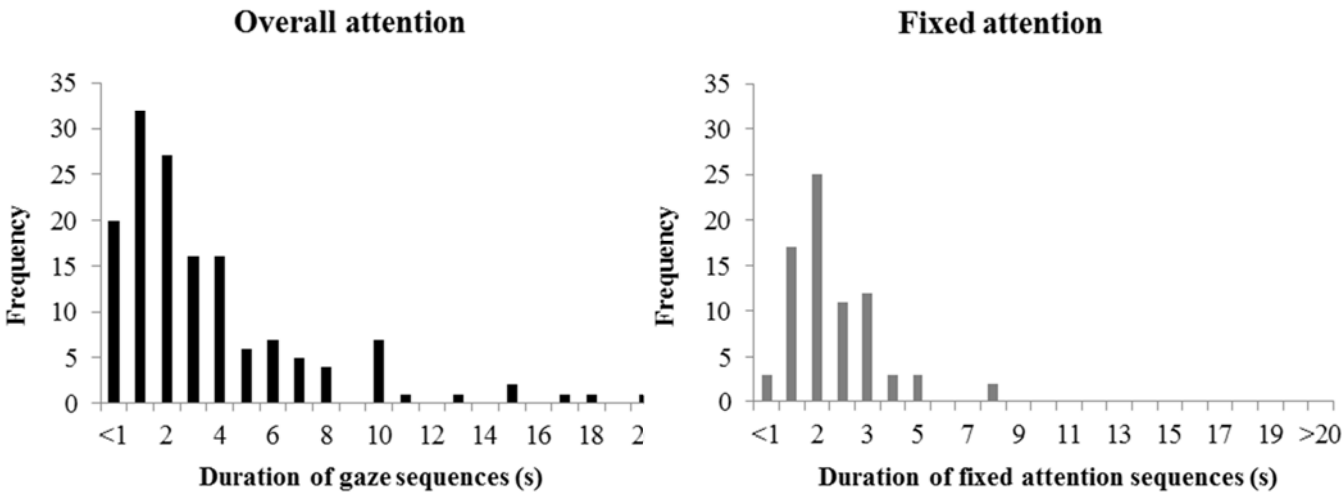


Figure 2. Frequency of duration of attention sequences (in seconds) of a) overall and b) fixed attention. Bars represent the number of time where each duration of attention sequence was expressed by each individual. Most of sequences lasted between 1 and 4 seconds.

Strong individual differences were found in the total duration of overall attention (CV=99%) and duration of fixed attention (CV=133%). The structure of total attention was less heterogeneous among subjects, with a mean number of gaze sequences of 12.3± 2.2s (CV=61%), a mean duration of gaze sequence of 3.7±0.6s (CV=54%) and a mean fragmentation's indices of 0.4±0.1 nb/s (CV=65%) (Table III). When considering only fixed attention, individual variation in the mean duration of sequences (CV=46%) was similar compared to overall attention, but the number of sequences varied drastically among mares (110%). Individual differences were higher for reaction times and total duration of overall and fixed attention whereas the number of sequence and their duration appeared less variable between subjects.

b) Changes in attention over the 3 days of testing (D1-D2-D3) (Table IV)

Over the 3 days of testing, reaction time did not change statistically significantly (Table IV). The total duration of both (*i.e.* overall and fixed) attention decreased from D1 to D3, suggesting some habituation (Table IV). All horses (except one), showed attention towards the stimulus throughout the 3 days of testing. The number of horses exhibiting fixed attention decreased drastically from day 1 to day 3 (11, 6 and 3 out of 12 respectively on D1, D2 and D3), revealing that only 25% (*i.e.* 3/12) of horses exhibited fixed attention throughout the 3 days of testing.

Table III. Characteristics of overall attention's behaviours towards the stimulus on the first testing day in session 1.

		Overall attention				Fixed attention			
	Reaction time (s)	Number of sequences (nb)	Duration sequences (s)	Nb of sequence / total duration (nb/s)	Total duration (s)	Number of Sequences (nb)	Duration sequences (s)	Nb of sequence / total duration (nb/s)	Total duration (s)
mean±SD	17.9±47.7	12.3±2.2	3.7±2	0.4±0.1	45.8±45.3	5.5±6	1.8±0.8	0.5±0.1	12.3±16.4
Cv (%)	266.0	61.3	54.5	65.0	98.9	110.0	45.0	43.3	133.0
Min	0.1	2.0	1.0	0.2	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
max	168.0	28.0	6.6	1.1	172.0	22.0	3.2	0.7	56.6

Table IV. Changes in horses' attention over the 3 days of testing: attention variables (means ± SE), p values results of Friedman tests were noted. Results of multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed-rank t-test were expressed using different letters ($^{a, b}$) to note significant differences ($p<0.01$).

	Variables	Day 1 (D1)	Day 2 (D2)	Day 3 (D3)	Friedman test
	Reaction time	17.9±13.8	36.9±24.3	46.6±18.8	P=0.34
Overall attention	Total duration (s)	**45.8±13.1**^{a}	25.7±7.4	**21.9±8**^{b}	P=0.02
	Mean duration of sequences (s)	3.7±0.6	2.5±0.5	2.9±0.7	P=0.35
	Number of sequences (nb)	**12.3±2.2**^{a}	7.7±1.6	**5.7±1.2**^{b}	P=0.01
	Nb of sequences/total duration (nb/s)	0.4±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	P=0.51
Fixed attention	Total duration	**12.3±4.7**^{a}	**1±0.4**^{b}	**0.9±0.5**^{b}	P=0.0003
	Mean duration of sequences	**1.8±0.2**^{a}	**0.5±0.2**^{b}	**0.5±0.3**^{b}	P=0.004
	Number of sequences	**5.5±1.7**^{a}	**1±0.4**^{b}	**0.6±0.3**^{b}	P=0.0002
	Nb of sequences/total duration (nb/s)	**0.4±0.1**^{a}	0.5±0.2	**0.1±0.1**^{b}	P=0.01

There was some individual stability over the three days of testing. The number of sequences was correlated between days (Spearman's correlation test: D1/D2: rs= 0.80, p=0.002; D1/D3: rs=0.69, p= 0.014; D1/D2: rs= 0.70, p=0.011). However, individual stability in overall attention was mostly observable between D2 and D3 suggesting stimulus and/or situation novelty impact on horses' behaviour on day 1. (Spearman's correlation test: *total duration*: rs=0.72, p=0.009; *number of gaze sequences*: rs=0.70, p=0.011; *mean duration of gaze sequences*: rs=0.82, p=0.012; *fragmentation's indices:* rs=0.66, p=0.017). Since the number of horses performing fixed attention diminished over time, no such correlations could be found for.

2. Long term stability of attentional characteristics over time

During the second session of tests (6 months later), all mares (except one) gazed at the stimulus on the first day (D1'), but only 7 out of 12 exhibited fixed attention.

The reaction time on the first day was longer than at the first session (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE= 17.9±13.8s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=53.3±30.4s, $T_{(N=12)}$=8.5, p=0.032). However, individual stability was high as the data for both session were positively correlated (Spearman correlation test: rs= 0.65, p=0.022). Although, all mares revealed a lower reaction (suggesting memory of first session), their ranking remained the same.

The total duration of overall attention on D1' was 4 times shorter than at D1 (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE=45.8±13.1s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=14.7±3.5s, $T_{(N=12)}$=11, p=0.001), which also corresponded to a lower number of gaze sequences (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE=12.3±2.2, $\overline{X}_{D1'}$±SE=3.4±0.7, $T_{(N=12)}$=3, p=0.012). The pattern was similar for fixed attention with 12 times less duration (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE=12.3±4.7s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=1.3±0.6s, $T_{(N=12)}$=1, p=0.001) and a lower number of fixed attention sequences (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE=5.5±1.7, $\overline{X}_{D1'}$±SE=0.7±0.2, $T_{(N=12)}$=1.5, p=0.003) at session 2.

However, the structure of overall attention remained the same with a similar mean duration of gaze sequences and fragmentation's indices of overall attention (Wilcoxon signed rank test: *mean duration of gaze sequences*: $\overline{X}_{D1}$±SE=3.7±0.6s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=3.9±0.6s, $T_{(N=12)}$=30, p=0.4; *fragmentation's indices*: $\overline{X}_{D1}$±SE=0.4±0.1 nb/s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=0.3±0.1 nb/s, $T_{(N=12)}$=30, p=0.4) suggesting a "permanent" structure of attention. Duration of fixed gaze sequences was shorter (Wilcoxon signed rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE=1.8±0.2s, $\overline{X}_{D1'}$±SE=0.9±0.3s, $T_{(N=11)}$=3, p=0.007), but positively correlated to that of D1 (Spearman's correlation test: rs= 0.64, p=0.026) (Fig. 3).

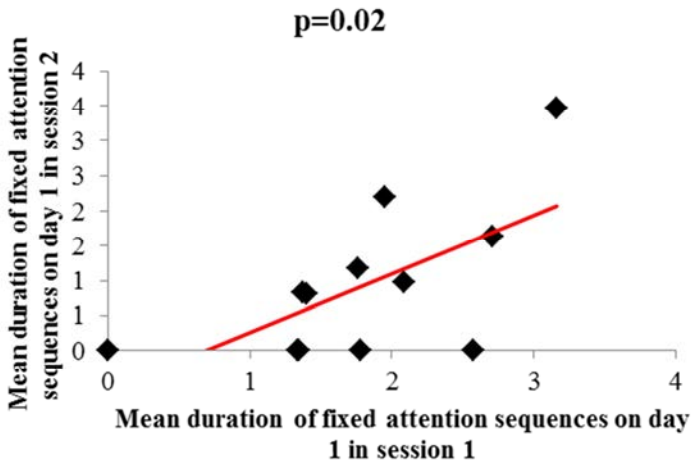


Figure 3: Correlation between **duration of fixed attention sequences** on the first day of the first session and duration of fixed attention sequences on session 2. Spearmans'correlation test, * p<0.05.

Pooling all three days horses exhibited lower attention to the stimulus on session 2 compared to session 1 (Wilcoxon signed rank test, p<0.05 for all). Whether overall or fixed attention were being considered, strong individual stability was found between session 1 and

session 2, (Fig. 4). Thus, overall and fixed attentions decreased between session 1 and session 2 but were individually stable over time (Table V).

a)

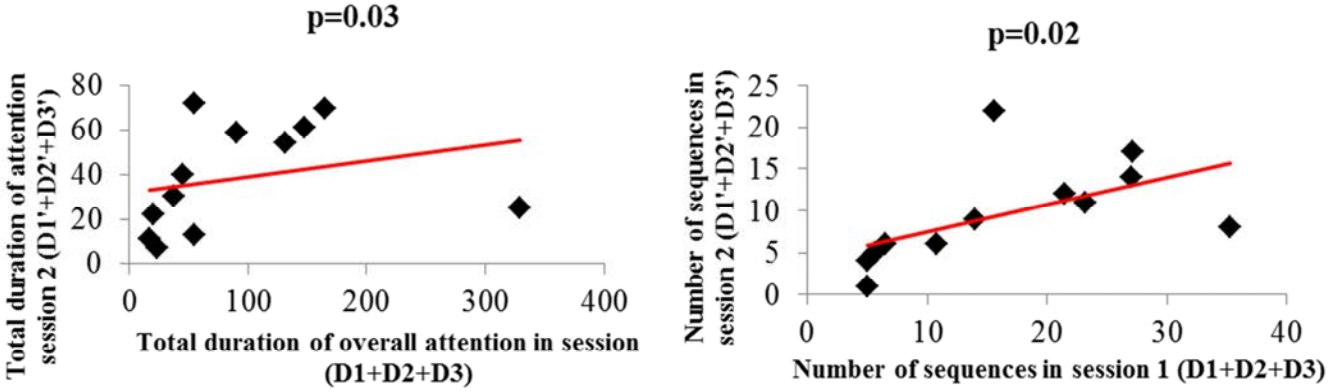


Figure 4: Correlation between total attention on the first session (D1+D2+D3) and total attention on session 2 (D1'+D2'+D3') with a) **total duration of attention**, b) **number of sequences.**

Table V: Spearman's correlation on attention variables between session 1 (D1+D2+D3) and 2 (D1'+D2'+D3'). Only significant correlations were noted.

Session 2 → / *Session 1* ↓		**Reaction time (s)**	**Overall attention**			**Fixed attention**		
			Total duration (s)	Mean duration (s) sequences	Nb of sequences	Total duration (s)	Mean duration (s) sequences	Nb of sequences
Reaction time (s)		rs=0.82, p<0.01						
Overall attention	Total duration (s)		rs=0.61, p<0.05					
	Mean duration of sequences (s)			rs=0.67, p<0.05				
	Nb of sequences				rs=0.77, p<0.01			
Fixed attention	Total duration (s)					rs=0.63, p<0.05		
	Mean duration of sequences (s)						rs=0.66, p<0.05	
	Nb of sequences							rs=0.64, p<0.05

Conclusion

Horses' attention towards a novel visual stimulus corresponds to sensory organs orientation towards the stimulus and especially gaze orientation towards the stimulus. Different behavioural patterns had been identified, on one hand the total attention without all

sensory organs towards the stimulus and on the other hand the fixed attention with multimodal sensory organ orientation towards the stimulus, suggesting a potential gradient of attention level. Overall, reaction times towards the visual stimulus were short, with most of first gazing towards the stimulus being within 5 seconds. Through testing days, more stability appeared between the 2nd and 3rd days of testing, suggesting stimulus and/or situation novelty impact on horses' behaviour on day 1. This result suggests also horses' stable behavior from day 2, leading to consider the possibility of testing the horses only twice, the third time reflecting the second.

Some characteristics appeared stable within our population such as short reaction times, short duration of attention sequences, and fragmentation of attention suggesting a specie's characteristic. However, some individual characteristics were identified as shown by differences in total duration of attention, differences in the number of attention sequences and the presence/absence of fixed attention amongst individuals. These differences were stable over testing days and also over time (*i.e.* 6 months later), confirming strong individual characteristics stability.

Finally, total attention decreased over testing days signifying some habituation towards the visual stimulus. Moreover, overall attention was lower on session 2 than on the first session, suggesting memory of the stimulus and/or situation.

Synthèse de l'article 2

Les résultats obtenus lors du test d'attention visuelle (VAT) révèlent des différences individuelles d'attention stables au cours du temps. Cependant, le VAT a besoin d'être validé en utilisant d'autres mesures.

Questions : Est-ce que l'attention mesurée lors du test d'attention visuelle est validée dans un autre test d'attention? Est-ce que les différences interindividuelles observées sont stables dans d'autres contextes (*i.e* contexte expérimental et contexte de travail) ?

Méthodes : Un test communément utilisé et validé pour évaluer l'attention chez les rongeurs a été adapté à notre modèle d'étude. Ce paradigme expérimental correspond au « 5-choice serial reaction time task » (5-CSRTT). Ce test a été réalisé sur les mêmes individus (*i.e.* douze juments poulinières) ayant été évalués par le test VAT décrit précédemment. Au cours du 5-CSRRT, le cheval apprend à choisir entre 2 boites, l'une où l'apparition d'un stimulus lumineux est associée à l'obtention de nourriture, l'autre sans stimulus associée à l'absence d'obtention de nourriture. Une fois un critère d'apprentissage atteint, chaque cheval a été testé avec 5 boites. Les capacités attentionnelles sont mesurées en relevant le pourcentage de réponses correctes au cours des différents essais. Par ailleurs, les mêmes chevaux ont été entrainés à une tâche de travail à la longe. Les comportements caractérisant la distraction des chevaux ont été relevés.

Résultats : Les chevaux présentant un niveau d'attention plus important lors du test d'attention visuelle (VAT) apprenaient plus rapidement la tâche du 5-CSRTT et présentaient des pourcentages de réponses correctes plus importants lors de ce test. En outre, les chevaux présentant un niveau d'attention plus important lors du VAT montraient moins de comportements de distraction en situation de travail.

Conclusion : Le développement du 5-CSRTT chez notre modèle d'étude permet une innovation méthodologique prometteuse. Les différences interindividuelles observées lors du VAT ont été confirmées lors du 5-CSRTT et dans un contexte de travail. Ces caractéristiques sont donc stables dans différents contextes, soulignant la présence de caractéristiques intrinsèques. Par ailleurs, l'attention des chevaux lors du VAT serait prédictive des capacités d'apprentissage et d'attention dans un autre contexte expérimental mais aussi dans un contexte de travail.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

Visual attention test in domestic horses (*Equus caballus*): What's predicted in others contexts?

Material and methods

1. *Ethical note*

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilisation protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the research station in Chamberet, France.

2. *Subjects*

Twelve breeding mares, aged from 5 to 17 years ($\overline{X}$ ± SE=8.9±1.1), from Anglo-Arabian (n=10) and French Saddlebred (n= 2) breeds, were observed in November 2013. All mares were born and had been raised under similar living conditions at the 'Station Expérimentale des Haras Nationaux' (SEHN), "Institut Français du cheval et de l'équitation (IFCE)", located in the southwest of France. The mares were maintained all year round as one group in large pastures during summer and in large communal stalls during winter. Human interventions were limited to routine procedures. They were occasionally housed in single stalls for a limited amount of time (1-2 times per year). During the whole period of the experiment, they were in the early stage of gestation (5 months) except for 2 of them. All mares were in individual straw-bedded stalls during the whole experiment, each stall was cleaned twice a week while mares were released into paddocks. Animals were fed commercial pellets and hay twice a day (8:00; 17:00) and had water ad libitum (*i.e.* automatic drinker).

3. *Visual attention test (VA Test, for details, see Rochais et al., in prep)*

Horses' spontaneous visual attention was measured with a circular moving visual stimulus (Ø1cm). A green light issued from a laser pointer (Laser point, PEARL®) was projected on each horse's stall doors during 5 minutes by the same experimenter (CR). The test was performed once a day during 3 consecutive days. Animals were free of their movements. All mares were tested in their individual usual stalls (4x4m). Tests were videotaped using axis M1054-W camera® mounted on the top of horses' stalls and data were transcribed later.

Time reaction was scored and used as a measure of attentional capture. For subjects that did not gaze towards the stimulus during a test, a maximum latency score of 300 seconds (*i.e.*

5 minutes test) was assigned. Horses' overall attention (*i.e.* gazes: eyes towards the visual stimulus lasted at least on 1 second fixedly) to stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). In order to examine attention structure, we scored the *number of gaze sequences*, the *duration of each gaze sequence and* the *fragmentation of attention indices* measured by the ratio *number of attention sequences/total duration of attention*. The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (sum of total duration of each gaze sequence). Within the overall visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention" as described in the literature as a high degree of attention. In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). Thus, the *number of fixed attention sequences*, the *duration of each fixed attention sequence*, the *ratio number of fixed attention/total duration of fixed attention* as well as the *total duration of fixed attention* (*i.e.* sum of each fixed attention sequence) were measured.

4. The 5-choice serial reaction time task (5-CSRTT)

a) Terminology

The 5-CSRTT has been developed and is regularly used in rodents for assessing different aspects of attention (Robbins, 2002). It results of an adaptation by Carli *et al.*, (1983) of a test for human subjects (Wilkinson, 1963). Thus, a rat faces five openings in a horizontal array along one curved wall of a test chamber. Then, a discriminative stimulus is presented, consisting of a brief (0.5-s) illumination of one of the five openings. If the rat goes towards the illuminated opening, a food pellet is delivered into the food tray. The basic task essentially tests the ability of the rat to sustain spatial attention (*i.e.* ability to maintain a consistent behavioral response during continuous and repetitive activity) over a large number of trials (about 100) and to exhibit divided attention ability (*i.e.* ability to respond simultaneously to multiple tasks, two or more kinds of stimuli may need to be monitored, Sohlberg & Mateer, 2001) among a number of locations (5 openings). These capacities were measured by the "accuracy" (*i.e.* correct responses/total responses) of going towards the illuminated opening. The response latency for correct or incorrect response could be measured as a reaction time. Errors could be noted, such as incorrect responses or omissions (Robbins, 2002). In our case, one horse showed omission one time, showing the horses' high motivation towards the task.

b) Apparatus

The apparatus was placed in a rectangular arena (5 meters wide and 8 meters long) and consisted of 5 similar plastic chests (37 centimeters high, 33 centimeters wide) placed in curved position (Fig 1B). Each chest contained food (1kg of familiar pellets) and had an orange bulb on the front part of the chest. Each chest was associated with a remote control kept by the experimenter, who can activate bulb light and the chests' opening. Before each test, horses were placed by the experimenter on a starting line, 5 meters away from all chests. Tests were videotaped using "axis M1054-W camera®" mounted on the top of the wall in front of the starting line (Fig. 1).

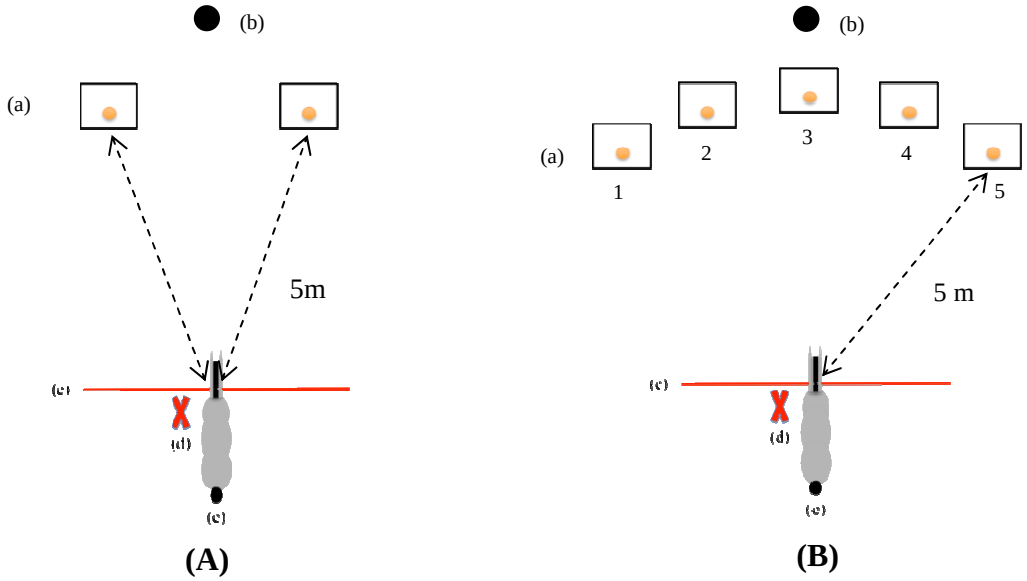


Figure 1: The 5 chest apparatus: **(A)** apparatus during learning phase involving 2 chests. **(B)** apparatus during test *per se* involving 5 chests.
(a) similar plastic chests placed in position 1, 2, 3, 4, or 5; (b) camera; (c) starting line; (d) experimenter; (e) horse.

c) Procedure: habituation & learning

Each daily session consisted of 10 trials. During the habituation and learning phase, the apparatus contained only 2 chests randomly placed (*e.g.* position 1, 2, 3, 4, or 5 see Fig. 1B) for each daily session (Fig. 1A). During the habituation phase on the first day, horses were led 5 times by the experimenter to the opened chests in order to allow horses to explore and see food in the chests. Then, the horses were led 5 times by the experimenter to the closed chests which were opened in front of the horses to show them the lid movement. Then, the learning phase consisted of 10 trials per day where: 1) the horse was led by the experimenter on the starting line, 2) the experimenter released the horse and briefly presented the light stimulus (0.5 sec) on one of the two chests using the remote control, 3) the horse was free to walk

towards the chests or not, 4) A correct response was defined as the horse going towards the chest and entering the success area (*i.e.* one meter in front of the illuminated chest). In this case, the lid was opened using the remote control and the horse had access to the food (*i.e.* a mouthful was allowed) (Fig. 2). Then the horses were led again to the starting line for the next trial. Responses towards the chest which had not been illuminated (incorrect responses) or failure to respond (omissions) within the fixed limited time (45 seconds, Carli *et al.*, 1983) resulted in stopping and starting again by leading the horse on the starting line for the next trial. The inter-trial interval (ITI) to replace the horse was between 14 and 28 seconds (on average 20±1.2 seconds) (Fig 2). The subjects were considered having learned the procedure when they had 80% of correct responses during 2 successive daily sessions. Learning occurred once a day, every day, during 4 to 10 days (depending on individual learning abilities).

d) Procedure: Test settings

The day after having validated learning (*i.e.* 80% of correct responses during 2 successive daily sessions), the horses were tested during 10 successive trials with the test apparatus involving the 5 chests (fig 1B). The light stimulus (0.5 seconds) was presented on each chest in equal number of times (*i.e.* 2 times) during the 10 trials complete test with randomized presentation order. The test procedure was the same as that used in the learning phase described above (step 1 to 4). Horses were tested twice on two successive days (Test 1 and Test 2) (Fig. 2).

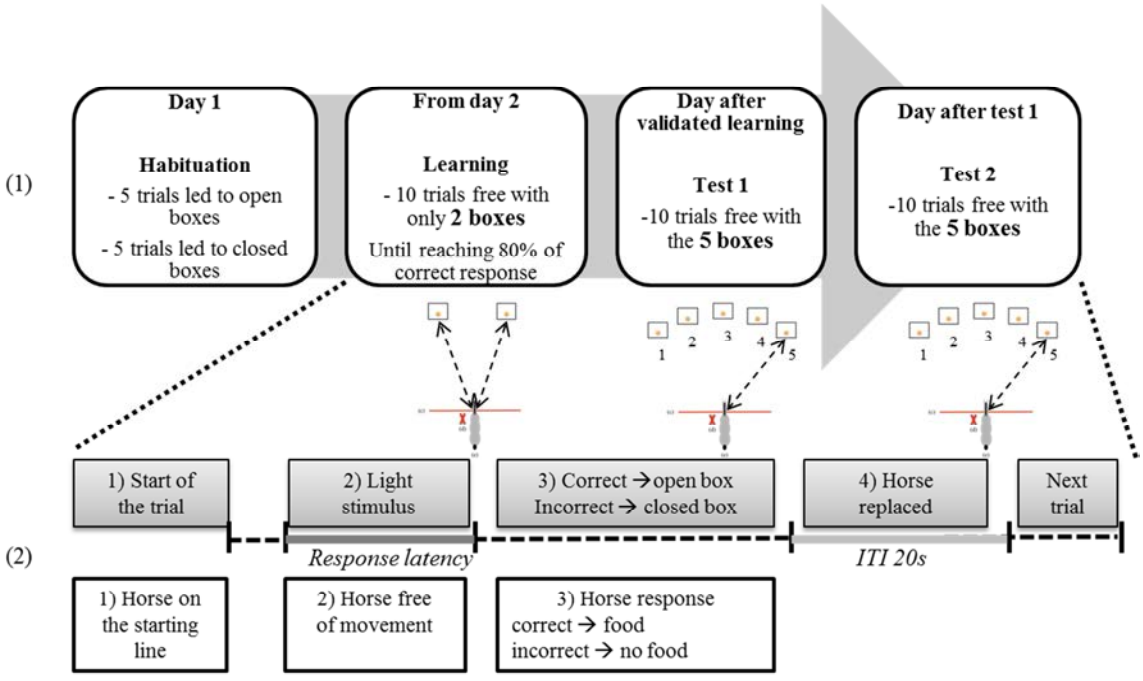


Figure 2: (1) Steps of the 5-CSRTT: from habituation to Test *per se*
(2) Structure of trials during learning and Tests *per se*

e) Data collection

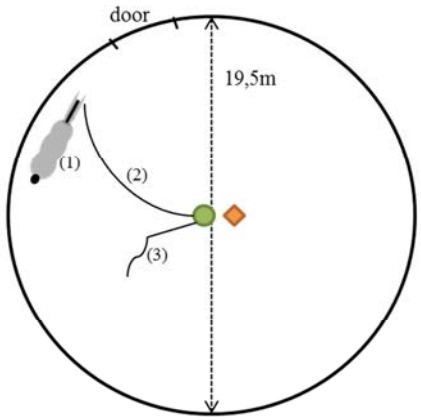
The number of trials required to reach 80% of correct responses during 2 successive daily sessions was noted as a measure of learning performances. Performance during test *per se* (*i.e.* with the 5 chests) was measured in terms of (1) **accuracy:** the proportion (in percentage) of responses which were correct (*i.e.* total correct responses/total responses) to evaluate sustained and divided attention abilities among the 5 chests location over trials (Carli et al., 1983). The percentage of correct responses in Test 2 – the percentage of correct responses in Test 1 was noted as a measure of changes in performances between Test 1 and Test 2. (2) **reaction time**: latency to respond defined as the time (in seconds) between the onset of the stimulus and the response (*i.e.* moving from the starting line) (3) **latency:** time (in seconds) for horse to be in the success area. Reaction time and latency were subdivided into latencies preceding correct responses and latencies preceding incorrect responses (Carli et al., 1983).

5. Attention in a working context: lunge training task

Lunge training is a common task used by horses' trainers were horses have to respond towards the trainers' vocal orders, suggesting high learning and attention skills (Lansade, 2005; Rivera *et al.*, 2002). Before each training session, all mares were equipped with a cavesson (*i.e.* robust halter equipped with rings on the noseband) and lunge rope (8 m long) and led from their home stall to a circular sand arena (diameter: 19.5 meters, see Fig. 3). The training was carried out between 2 and 4 PM, when the surroundings were quiet. The horses were trained by one experimenter (CR) expressing vocal orders and being equipped with a whip. If horses did not respond towards the vocal order twice, the experimenter briefly agitated the whip and stopped when the horse responded correctly to her command. All mares were trained during 5 minutes per day, 5 days a week, during 2 weeks (resulting in 10 sessions of training). All training sessions consisted in leading the horses to obey the experimenter's vocal orders: "walk": 1 tour walking, "trot": 1 tour trotting, "walk": go back to walk, "stop": stop, "stay": maintain immobility. In response to obedience to stay, food reinforcement was given (*i.e.* few hand-given grain pellets kept into the experimenter pocket). These orders were given twice during the 5 minutes training. The individual horses' training order varied randomly throughout the 10 sessions of training period. In order to record the

horses' behaviours, a second experimenter was placed behind the first experimenter to videotape the test using a digital video camera (Sony, HDR-XR105 ®) (Fig. 3).

The horses' behaviours were measured only during the last session of training (*i.e.* day 10 considered as "the test session") when horses had received the same number of training sessions. Particular emphasis was placed on one inattentive behavioral pattern measured using *ad libitum* sampling method (Altmann, 1974): the sudden non requested gait changes such as ascending gait changes (*e.g.* canter instead of requested to trot) were noted and considered as an inattentive behavior (André *et al.*, subm; Kienapfel *et al.*, 2014).



Schematic of lunge arena: 19,5m of diameter
experimenter expressing vocal order
experimenter videotaping horses
(1) horse
(2) lunge rope
(3) whip

Figure 3: Procedure for testing horses in a working context in the **lunge training task**.

6. Statistical analyses

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). Individual variables in visual attention test (VAT) were explored per testing day. Because strong correlations were found between day 2 and day 3 in the VAT (see Rochais *et al.*, in prep) suggesting a stable attentional pattern from day 2, attention on day 1 + attention on day 2 was used as a measure of general attention.

Differences or stability between test 1 and test 2 in the 5-CSRTT was respectively evaluated using Wilcoxon signed- rank tests and Spearman's correlation. Due to the absence of differences between test 1 and test 2, the mean percentage of correct responses in test 1 and 2 was used as an overall measure of performance in 5-CSRTT. Changes in performances

between test 1 and test 2 corresponded to T2 – T1 performances. On the bases of these values, two groups were identified: the "Increased performance" (IP) group where individuals had stable or higher performances in test 2 compared to test 1; the "decreased performance" (DP) group where individuals had lower performances in test 2 compared to test 1. Attention in VAT was explored between these groups using Mann-Whitney U-test. Correlations between different contexts (*i.e.* VAT, 5-CSRTT, lunge task) were evaluated using Spearman's correlation tests. These analyses were run with Statistica 7.1 software © (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. *Performances in the 5-choice serial reaction time task (5-CSRTT)*

1.1.Learning

Some horses required less time to complete training than others. The number of days required to reach learning criterion (*i.e.* 80% of correct responses in 2 consecutive sessions) varied between 4 and 10 days (*i.e.* to 40 to 100 trials) ($\overline{X}$ ±SE=61±5 trials).

1.2.Performances in test 1 and test 2

Horses were successful in 40 to 100% ($\overline{X}$ ±SE=57±5%) of the trials in test 1, and 30 to 80% ($\overline{X}$ ±SE=54±2%) in test 2. There were no correlation, nor differences in success rate between test 1 and test 2 (Spearman's correlation test, N=12, rs=0.42, p>0.05; Wilcoxon signed-rank test: $\overline{X}_{T1}$±SE=57.5±5.2%, $\overline{X}_{T2}$±SE=54.2±4.8%, $T_{(N=12)}$=25, P=0.79). Indeed, some individuals increased their performances on test 2 whereas others had worst performances, revealing individual differences. During test 1 and test 2, reaction times varied between 0.7 and 10.9 seconds ($\overline{X}$ ±SE=3.0±0.6 s) and latencies to reach the success area varied between 2.5 and 20.4 seconds ($\overline{X}$ ±SE=5.9±0.9 s). Reaction times and latencies did not differ statistically between test 1 and test 2 and were not correlated (Wilcoxon signed-rank test, *reaction time*: $\overline{X}_{T1}$±SE=2.3±0.6s, $\overline{X}_{T2}$±SE=3.8±0.8s, $T_{(N=12)}$=15, p=0.06; *latencies:* $\overline{X}_{T1}$±SE=4.7±0.6s, $\overline{X}_{T2}$±SE=7.1±0.8s, $T_{(N=12)}$=19, p=0.11; Spearman's correlation test, N=12, *reaction time*: rs=0.02, p>0.05; *latencies:* rs=0.15, p>0.05). Both reaction times and latencies were shorter when the responses were correct (Wilcoxon signed-rank test: *reaction time* $\overline{X}$

$\overline{X}_{Correct}$±SE=1.4±0.2s, $\overline{X}_{Incorrect}$±SE=5±0.9s, $T_{(N=12)}$=13, P=0.0001; *latencies* $\overline{X}_{Correct}$±SE=3.9±0.3s, $\overline{X}_{Incorrect}$±SE=8.9±1.6s, $T_{(N=12)}$=23, P=0.0005).

Some individual differences appeared in success rate (and hence attention) in the 5-CSRTT, especially with horses showing constant or increased attention between test 1 and test 2 and horses showing a decrease of attention between test 1 and test 2. Moreover, shorter reaction times and thus latencies appeared to be linked with a higher success rate.

2. Relationships between individual characteristics in the VAT and performances in the 5-CSRTT

In the VAT, all individuals showed attention towards the visual stimulus at least once whereas only 9 individuals exhibited sequences of "fixed attention" at least once. High individual variability was found in terms of overall attention and fixed attention (see also Rochais *et al.*, in prep) (Table 1).

Table I: **Attention characteristics** towards the visual stimulus (D1+D2). (from Rochais *et al.*, in prep).

		Overall attention				**Fixed attention**			
	Reaction time (s)	Number of sequences (nb)	Duration sequences (s)	Number of sequences/total duration of attention (nb/s)	Total duration (s)	Number of Sequences (nb)	Duration sequences (s)	Number of sequences/total duration of attention (nb/s)	Total duration (s)
mean±SD	102.4±35.4	7.3±1.4	7.4±0.7	0.9±0.2	30.7±5.7	1.3±0.3	1.5±0.4	0.7±0.2	2.2±0.6
Cv (%)	120.0	67.0	33.0	73.9	64.0	87.0	92.0	103.7	102.0
Min	1.0	1.0	2.0	0.2	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
max	300.0	19.0	11.7	2.6	59.0	3.0	3.5	1.9	6.9

2.1.Learning performances in the 5-CSRTT

A significant negative correlation was found between the number of trials required to reach learning criterion in the 5-CSRTT and general attention (D1+D2) in the VAT (Spearman's correlation test, N=12, $rs_{\text{total attention duration}}$=-0.58, $rs_{\text{number of attention sequences}}$=-0.66 p<0.05) (Fig. 4) as well as fixed attention in the VAT (Spearman's correlation test, N=12, $rs_{\text{total fixed attention duration}}$=-0.60, p<0.05). Thus, the more attentive the horses were in the VAT, the faster they learned the procedure.

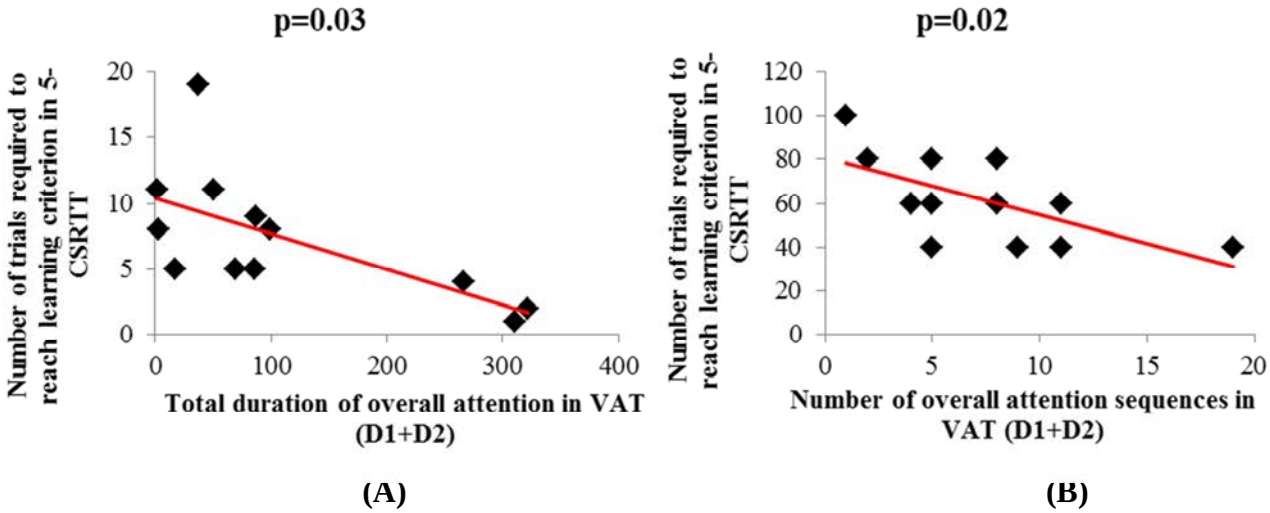


Figure 4: Correlation between **(A) the number of sequences** and **(B)** the **total duration of attention** in VA test in all testing days (D1-D2) and the number of trials required for reach learning criterion (*i.e.* 80% of correct response in two consecutive session) in the 5-CSRTT. (Spearman Correlation test, * p<0,05).

2.2.Performances in the 5-CSRTT

Clear relationships appeared between attention in the VAT and attention performances in 5-CSRTT. Thus, there was a correlation between the total duration of overall attention towards the stimulus in the VAT on the first testing day (D1) and the percentage of correct responses in T1+T2 (Spearman's correlation test, N=12, rs=0.58, p<0.05). There was also a correlation between the ratio of number of attention sequences / total duration of attention on the second testing day (D2) and the percentage of correct responses in T1+T2 (Spearman's correlation test, N=12, rs=0.55, p<0.05). Moreover, there was a correlation between the amount of visual attention towards the stimulus in the VAT at day 2 and the performance increase (T2-T1) in the 5-CSRTT (Spearman's correlation test, N=12, $rs_{\text{total duration}}$=0.62,

$rs_{number\ of\ sequences}$=0.63 p<0.02). In conclusion, the more the horses were attentive to the stimulus in the VAT at D1 the more successful (and hence attentive) they were in the 5-CSRTT, while their total duration of overall attention and its fragmentation at D2 in the VAT was predictive of increased performances from test 1 to test 2 in the 5-CSRTT.

The amount of fixed attention at the second testing day in the VAT was highly correlated with increased performances through test 1 and test 2 in the 5-CSRTT (Spearman's correlation test, N=12, $rs_{total\ duration}$=0.88, $rs_{number\ of\ sequences}$=0.87 p<0.005).

This was confirmed by comparing the individuals showing a stable or an increased performance (IP) between test 1 and test 2 in the 5-CSRTT, which were more attentive in the VAT compared to those showing a decreased performance (DP) (Mann-Whitney U-test, N_{IP}=6; N_{DP}=6: *total duration of attention* $\overline{X}_{IP}$±SE=51.7±8.1, $\overline{X}_{DP}$±SE=18.6±5.9, U=2, P=0.01; *mean duration of attention sequences* $\overline{X}_{IP}$±SE=13.1±1.1, $\overline{X}_{DP}$±SE=7.5±0.6, U=0, P=0.004; *number of attention sequences* $\overline{X}_{IP}$±SE=12.7±2.4, $\overline{X}_{DP}$±SE=5±1.3, U=2.5, P=0.02) (Fig. 5). The same pattern was found regarding fixed attention (Mann-Whitney U-test, N_{IP}=6; N_{DP}=6: total *duration of attention* $\overline{X}_{IP}$±SE=6.9±3.3, $\overline{X}_{DP}$±SE=1.7±1.3%, U=1.5, P=0.008; mean duration of *attention sequences* $\overline{X}_{IP}$±SE=3.9±0.7%, $\overline{X}_{DP}$±SE=1.5±1.3, U=0, P=0.004; number of *attention sequences* $\overline{X}_{IP}$±SE=3.3±0.6%, $\overline{X}_{DP}$±SE=0.6±0.4, U=3, P=0.03).

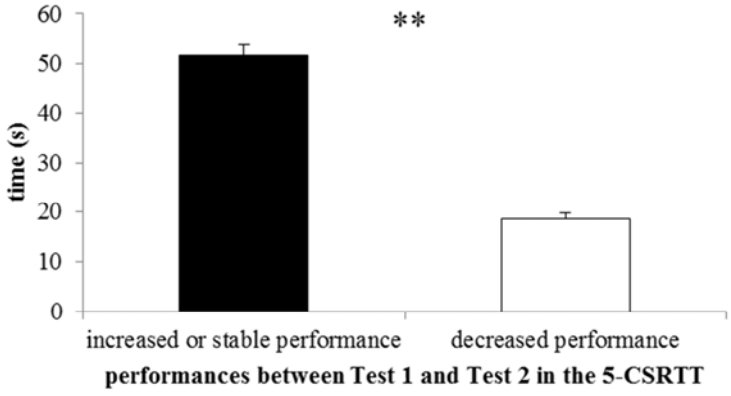


Figure 5: Total **duration of overall attention in the VAT** over the days of testing (D1+D2) for horses showing increased/stable or decreased performances between test 1 and test 2 in the 5-CSRTT, Errors bars represent standard errors, Mann-Whitney U test, ** p<0.01.

3. Attention in a working context: lunge task and visual attention test (VAT)

During the lunging sessions, all horses showed sudden ascending changes of gait, from 1 to 16 number of times ($\overline{X}$ ±SE=3.1±1.3). The total duration of attention (D1+D2) in the VAT was negatively correlated with the number of ascending gait changes (Spearman's correlation test, N=12, rs=-0.59, p<0.05) (Fig. 6): the more attentive the horses were in the VAT, the more attentive (and obedient) they were in the working task. This was confirmed by comparing the individuals showing few ascending gait changes (0-1) which showed a higher attention in the VAT than the those expressing more than 2 gait changes (2-16) (Mann-Whitney U-test $N_{0\text{-}1}$=6, $N_{2\text{-}16}$=6: *total duration of attention* $\overline{X}_{0\text{-}1}$±SE=6.9±3.3s, $\overline{X}_{2\text{-}16}$±SE=1.7±1.3s, U=3, P=0.01).

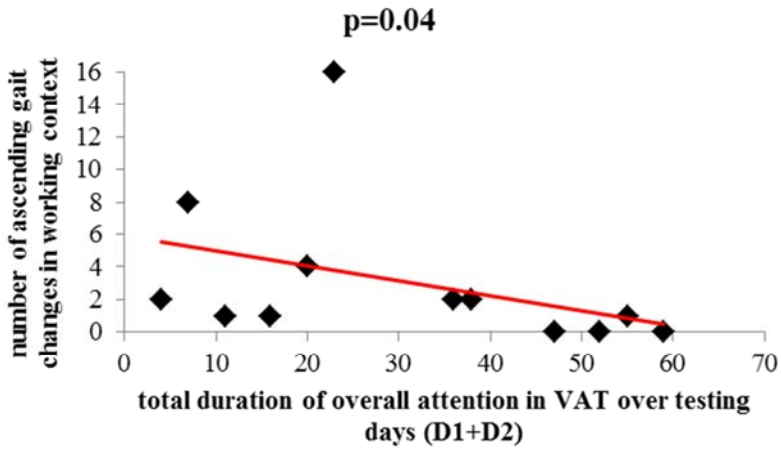


Figure 6: Correlation between the **total duration of attention** in the VAT in all testing days (D1+D2) and the number of **ascending gait changes** in the working context. (Spearman Correlation test, * p<0,05).

Conclusion:

VA test validity confirmed by relationships with other experimental and work context.

All these results showed links between horses' attention in the VAT and learning and attention performances during the 5-CSRTT. Inter-individual differences in the VAT are confirmed in the 5-CSRTT and in the lunge task identifying individual stability between contexts. Furthermore, the horses' attention in the VAT appears to predict learning and attention abilities in another experimental and working context, revealing methodological validity for the VAT. Moreover, the development of 5-CSRTT in our study design adds another promising methodological innovation.

Synthèse de l'article 3

Les résultats obtenus lors des deux précédentes études révèlent des différences individuelles d'attention visuelle stables au cours du temps et des situations. Par ailleurs, les chevaux sont confrontés à des stimuli de différentes modalités au quotidien. Une comparaison de l'attention en fonction de la modalité du stimulus (*i.e.* visuelle *vs* auditive) apparait indispensable. Les résultats issus du test d'attention auditive seront mis en relation avec les réponses obtenues lors du VAT, lors du 5-CSRTT et lors d'une situation de travail en longe.

Question: L'attention vers un stimulus de modalité visuelle est-elle prédictive de l'attention vers un stimulus de modalité auditive ?

Méthodes : Un test d'attention vers des stimuli auditifs a été développé (AA test) en se basant sur la diffusion de stimuli par haut-parleur. Des stimuli non familiers ont été diffusés dans l'écurie des chevaux testés précédemment (*i.e.* douze juments poulinières). Deux stimuli différents ont été utilisés : un stimulus hétérospécifique non familier (*i.e.* vocalisation de baleine) et une vocalisation de congénère non familier (*i.e.* hennissement). Chaque stimulus était diffusé une fois par jour dans l'écurie et ce pendant 4 jours. Des observations comportementales ont permis de mesurer le temps de réaction et la durée d'attention des chevaux vers les stimuli. Les résultats issus du test d'attention auditive ont été mis en relation avec les réponses obtenues lors du VAT, lors du 5-CSRTT et lors d'un exercice de longe.

Résultats : L'attention des chevaux vers un stimulus auditif inhabituel est rapidement mobilisée. La première séquence d'attention vers les stimuli auditifs est courte et caractérisée par une orientation de tous les organes sensoriels vers les stimuli. Des différences individuelles claires en termes de niveau d'attention auditive et de maintien de l'attention au cours des jours de test ont pu être identifiées. Les chevaux les plus attentifs lors du test d'attention auditive étaient moins attentifs lors du test d'attention visuelle, lors du test du 5-CSRTT et lors d'un exercice de longe.

Conclusion : Ce test expérimental met en évidence la présence d'un réflexe d'orientation globale, se traduisant par des mouvements associés des yeux, de la tête et des oreilles vers un stimulus auditif inhabituel. Des différences interindividuelles d'attention ont pu être identifiées. Au vu des relations entre les caractéristiques attentionnelles vers un stimulus auditif et l'attention dans d'autres contextes expérimentaux et spontanés, l'attention vers un stimulus auditif dans ce contexte pourrait être un indicateur de distractibilité.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

How do domestic horses (*Equus caballus*) pay attention towards auditory stimuli?

Material and methods

1. Ethical note

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilisation protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the research station in Chamberet, France.

2. Subjects

Twelve breeding mares, aged 5 to 17 years ($\overline{X}$ ± SE=8.9±1.1), from Anglo-Arabian (n=10) and French Saddlebred (n= 2) breeds, were observed in November 2013. All mares were born and had been raised under similar living conditions at the 'Station Expérimentale des Haras Nationaux' (SEHN), "Institut Français du cheval et de l'équitation (IFCE)", located in southwest of France. The mares were maintained all year round as one group in large pastures during summer and in large communal stalls during winter. Human interventions were limited to routine procedures. They were occasionally housed in single stalls for a limited amount of time (1-2 times per year). During the whole period of the experiment, they were in the early stage of gestation (5 months) except for 2 of them. All mares were then in individual straw-bedded stalls during 4 weeks, each stall was cleaned twice a week while mares were released into paddocks. Animals were fed commercial pellets and hay twice a day (8:00; 17:00) and had water ad libitum (*i.e.* automatic drinker).

3. Evaluation of auditory attention

a) test setting

Horses were exposed once a day, at the same time of day (7.30 a.m.) and for 4 consecutive days to auditory stimuli, broadcasted for 3 seconds at 70db. Pilot experiments using a variety of sounds led us to choose two different stimuli: 1 heterospecific vocalization (*i.e.* blue whale song element), 1 unfamiliar conspecific vocalization (*i.e.* whinny from unknown horse) which were randomly broadcasted with at least 5 minutes between the playbacks. We chose these stimuli due to their different structure (frequency range: whale vocalization: from 121.2 to 100031 Hz; conspecific vocalization: from 96.9 to 14926.2 Hz) and novelty for horses on the first broadcast. Each horse was tested in his home stall. The

loudspeaker (Logitech Pure-Fi Mobile ®) was placed in the middle of the stable (in the corridor) on a 70 cm high table (see also Noble *et al.*, 2013) (Fig. 1). Tests were videotaped using "axis M1054-W camera®" mounted on the top of horses' stalls.

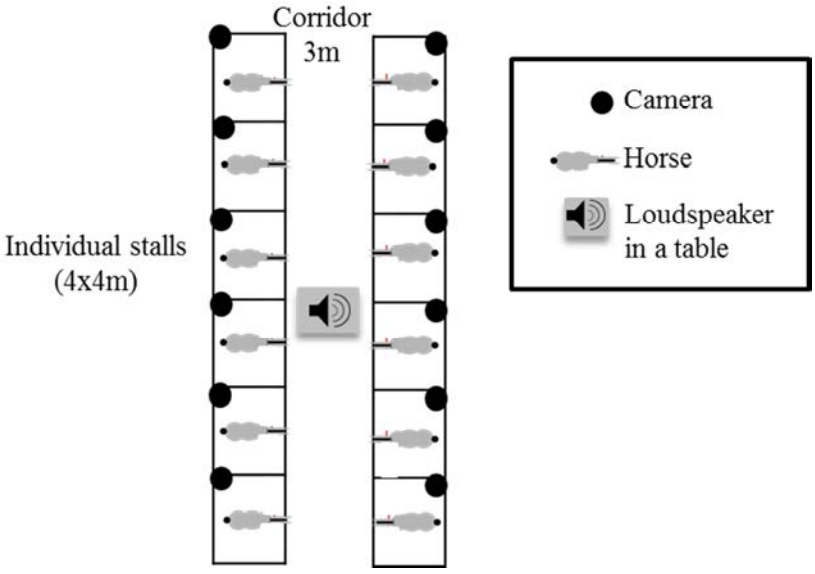


Figure 1: Stable outline with the 12 individual stalls and the loudspeaker in the middle of the stable.

b) measurements

Predefined measures of attention were extracted from videos using continuous focal sampling (Altmann, 1974). Horses were considered to be attentive to the stimulus when they reacted to it: horses' reaction was defined as any change in behaviour (*e.g.* change in the ongoing activity) after stimulus broadcast (*i.e.* any body movement such as ears, head, neck or all body movement) (*e.g.* Basile *et al.*, 2009). We focused on horses' "fixed attention", described in the literature as a high degree of attention (Waring, 2003; (Hanggi & Ingersoll, 2012)) and as the most common behavior during sound playbacks experiments (Lemasson *et al.*, 2009; Proops & McComb, 2012). In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). The end of attention was defined when the horses' ears or head started to move (Lampe & Andre, 2012). The reaction times (*i.e.* time between auditory stimulus broadcast and the first horse's behaviour) and the total duration of first fixed attention until 5 minutes after stimulus broadcast were measured. Subjects that did not react were given a maximum latency score of 300 seconds.

4. The visual attention test (VAT, for details, see Rochais et al, in prep)

Horses' visual spontaneous attention was tested with a circular moving visual stimulus (Ø1cm). A green light issued from a laser pointer (Laser point, PEARL®) was projected on each horse's stall doors during 5 minutes by the same experimenter (CR). The test was performed once a day during 3 consecutive days. Animals were able to move freely. All mares were tested in their individual usual stalls (4x4m). Tests were videotaped using axis M1054-W camera® mounted on the top of horses' stalls and data were later transcribed. Horses' overall attention (*i.e.* gazes, see Rochais *et al.,* in prep) to visual stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). In order to examine attention structure, we scored the *number of gaze sequences*, the *duration of each gaze sequence* and the indices of *attention's fragmentation* using the ratio *number of attention sequence / total duration of attention*. The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (sum of total duration of each gaze sequence). Within the overall visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention" as described in the literature as a high degree of attention. *Time reaction* was scored and used as a measure of attentional capture. For subjects that did not gaze towards the stimulus during a test, a maximum latency score of 300 seconds (*i.e.* 5 minutes test) was assigned.

5. The 5-choice serial reaction time task (5-CSRTT) (for details, see Rochais et al., in prep)

The 5-CSRTT for assessing different aspects of attention (Carli *et al.,* 1983) was adapted to horses. The 5-CSRTT consisted in horses facing five chests containing food and having an orange bulb on the front part of the chest. A discriminative stimulus was presented consisting in a brief (0.5 s) illumination of one of the five orange bulbs on a chest. Horses learned to go towards the illuminated chest (correct responses), for opening the chest lid and having access to the food (*i.e.* a mouthful was allowed). Errors (incorrect responses: wrong choice of chest) or failures to respond (omissions) within the fixed limited time (45 seconds, Carli et al., 1983) resulted in stopping and starting again by leading the horse on the starting line for the next trial. The number of trials required to learn to go towards the illuminated chest (correct responses) for having access to the food was noted as a measure of learning abilities. Then, two tests (Test 1 and Test 2) were performed to evaluate ability of the individual to sustain spatial attention over trials (10 trials per session) and the divided attention ability among a number of locations (5 chests). These capacities were measured by the accuracy of going

towards the illuminated chest. The response latency for correct or incorrect responses was also used as a reaction time measure.

6. Attention in a working context: lunge training task (for details, see Rochais et al., in prep)

Lunge training is a common task used by horses' trainers were horses have to respond towards the trainers' vocal orders suggesting high learning and attention skills (Lansade, 2005; Rivera *et al.,* 2002). Horses were trained by one experimenter (CR) expressing vocal orders. All mares were trained during 5 minutes per day, 5 days a week, during 2 weeks (resulting in 10 sessions of training). All training sessions consisted in leading the horses to obey the experimenter's vocal orders: "walk": 1 tour walking, "trot": 1 tour trotting, "walk": go back to walk, "stop": stop, "stay": maintain immobility. In response to obedience to stay, food reinforcement was given (*i.e.* few hand-given grain pellets kept into the experimenter pocket). These orders were given twice during the 5 minutes training. The individual horses' training order varied randomly throughout the 10 sessions of training period. In order to collect horses' behaviours, a second experimenter was placed behind the first experimenter to videotape the test using a digital video camera (Sony, HDR-XR105 ®) (Fig. 3).

Horses' behaviours were measured only during the last session of training (*i.e.* day 10 considered as "the test session") when horses had received the same number of training sessions. Particular emphasis was placed on one inattentive behavioral pattern measured using *ad libitum* sampling method (Altmann, 1974): the **sudden gait changes** such as ascending gait changes (*e.g.* canter instead of trot) were noted and considered as an inattentive behavior (André *et al.,* subm; Kienapfel *et al.,* 2014).

7. Statistical analyses

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). For the auditory attention test, differences between whale stimulus and conspecific stimulus were evaluated using Wilcoxon signed-rank t-tests. Regarding on auditory attention through testing days, the number of reactive horses were compared using Fisher exact tests and variation of reaction time and duration of attention were evaluated using Friedman tests. Multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed-rank t-tests with FDR correction ("False discovery rate") (Benjamini & Hochberg, 2000) were used to identify day's

impact. For the visual attention test, we focused on variables on day 1 (*i.e.* attention towards novelty) and on day 2 because of strong correlations found between day 2 and day 3 suggesting a stable attentional pattern from day 2. General visual attention corresponds to attention on day 1 + attention on day 2. Thus, individual variables in visual attention test were explored per testing day, and general attention (D1+D2) was used as a measure of individual overall differences. Relationships between different contexts (*i.e.* auditory attention test, visual attention test, the 5-CSRTT and the lunge task) were evaluated using Spearman's correlation tests. These analyses were run with Statistica 7.1 software © (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. *Evaluation of auditory attention*

1.1.Attention towards novel stimuli: first testing day

On the first day of testing, all mares showed reactions towards conspecific stimulus and only one of them did not react towards whale stimulus. Reaction times towards both stimuli were short, mostly within 5 seconds: from 0.2 to 15.6 seconds ($\overline{X}$ ±SE=2.0±1.2s) for whale stimulus, and from 0.3 to 6.3 seconds ($\overline{X}$ ±SE=1.9±0.5s) for conspecific stimulus. Individual variations were nevertheless important (Fig. 2).

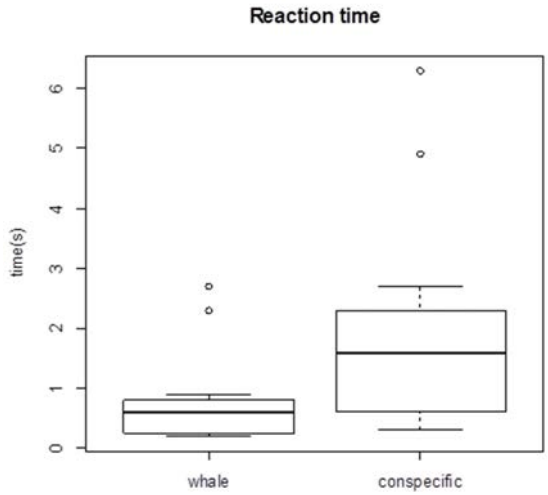


Figure 2: Reaction times towards the whale stimulus, and the conspecific stimulus. Individual variations were high: CV_{whale}=209%; $CV_{conspecific}$=94%.

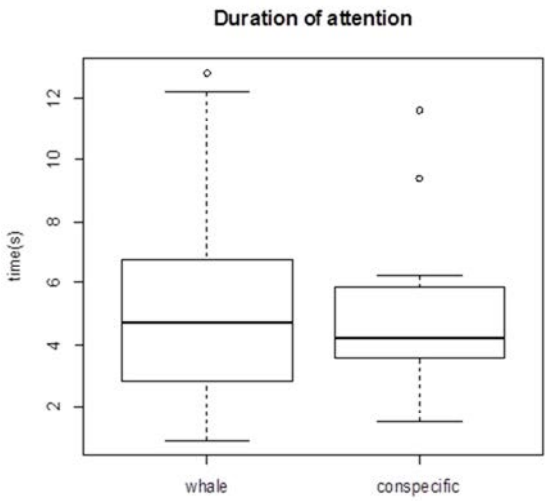


Figure 3: Duration of fixed attention towards whale and conspecific stimulus. Most of duration lasted between 2 and 6 seconds.

The duration of attention ranged from 0.9 to 12.8 seconds ($\overline{X}$ ±SE=5.5±1.2s) and from 1.5 to 11.6 seconds ($\overline{X}$ ±SE=5.0±0.3s) towards the whale and the conspecific stimulus respectively (Fig. 3). No clear difference appeared between whale and conspecific stimuli in the different attention measures (Wilcoxon signed-rank tests: *reaction time*: $\overline{X}_{whale}$±SE=2.0±1.2s, $\overline{X}_{conspecific}$±SE=1.9±0.5s, N=12, P=0.08; *duration of fixed attention*: $\overline{X}_{whale}$±SE=5.5±1.2s, $\overline{X}_{conspecific}$±SE=5.5±1.2s, N=12, P=0.87).

1.2.Attention over testing days

The number of reactive horses decreased at the second day (Fisher exact test, P<0.05) and was especially low at D3 (Fisher exact test, P<0.005) both for the whale and conspecific stimuli. Nevertheless, some horses (4/12) maintained reaction over all testing days. No difference appeared between both stimuli in terms of changes of reaction times and duration of attention over days (Wilcoxon signed-rank tests, p>0.05 for all). There was no difference and no correlation in reaction time over days for any stimulus (Friedman test $_{whale\ (N=12,\ df=3)}$=1.8, P=0.61; $_{conspecific\ (N=12,\ df=3)}$=3.5, P=0.31; Spearman's correlation test, p>0.05 for all). The duration of attention varied over days for both stimuli (Friedman test: $_{whale\ (N=12,\ df=3)}$=8.2, P=0.04; $_{conspecific(N=12,\ df=3)}$=12.8, P=0.005) with a higher duration of attention on the first day of testing compared to the third and fourth day (Wilcoxon signed-rank test: *whale:*

X_{D1}±SE=5.5±1.1s, X_{D3}±SE=1.9±0.7s, $T_{(N=12)}$=3, P=0.004; X_{D4}±SE=2.5±0.7s, $T_{(N=12)}$=11, P=0.02; *conspecific*: X_{D1}±SE=5.0±0.8s, X_{D4}±SE=1.2±0.6s, $T_{(N=12)}$=1, P=0.002). Some habituation did thus occur.

2. Relationships between attention during auditory test and visual test (VAT)

Higher attention in auditory test did not predict higher visual attention but a lower visual attention: a significant negative correlation was found between the reaction time towards the whale stimulus on the first testing day and the reaction time towards the visual stimulus on the first testing day (Spearman's correlation test, N=12, rs=-0.62, p<0.05). Moreover, the total duration of attention towards the whale stimulus on the second testing day was positively correlated with reaction time towards the visual stimulus on D2 (Spearman's correlation test, N=12, rs=0.63, p<0.05). That is, the more the individuals were attentive to the whale stimulus at D2, the less attentive they were to the visual stimulus on day 2. Finally, a significant negative correlation was found between the duration of attention towards whale stimulus on day 1 and the visual attention's fragmentation indices on day 2 in the VAT (Spearman's correlation test, N=12, rs=-0.71, p<0.05). Similar patterns of attention were found towards whale stimulus and conspecific stimulus. A significant positive correlation was found between the reaction time towards the conspecific stimulus on the second day and the total duration of attention towards the visual stimulus on the second testing day (Spearman's correlation test, N=12, rs=0.58, p<0.05). A significant negative correlation was found between the duration of attention towards conspecific stimulus on day 2 and the visual attention's fragmentation indices on day 2 in the VAT (Spearman's correlation test, N=12, rs=-0.67, p<0.05). All these results suggest that individuals showing a higher attention towards unusual auditory stimuli seem to show lower attention towards visual stimulus.

3. Relationships between auditory attention and performance in the 5-CSRTT

Auditory attention towards both stimuli did not predict learning abilities in the 5-CSRTT (Spearman's correlations, p>0.05). A significant negative correlation was found between the total duration of attention towards the whale stimulus on the first day of testing and the percentage of correct responses during test 1 in the 5-CSRTT (Spearman's correlation test, N=12, rs=-0.60, p<0.05) (Fig. 4). Thus, the individuals showing more attention towards an unusual auditory stimulus showed lower performances in the 5-CSRTT. No relationship was found with auditory attention towards a conspecific stimulus.

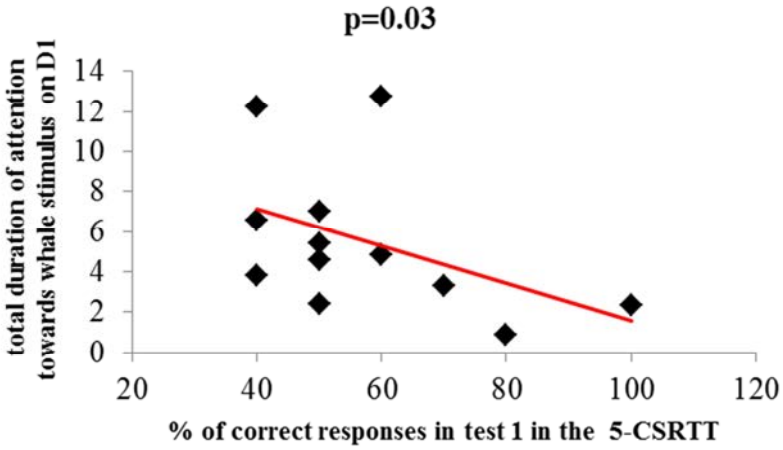


Figure 4: Correlation between the percentage of **correct responses** in test 1 in the **5-CSRTT** and the duration of **attention towards the whale** stimulus on the first testing day. (Spearman Correlation test, * p<0,05).

4. Relationships between attention in AA test and attention in the lunge task

The total reaction times (D1- D4) towards both stimuli in the AA Test were negatively correlated with the number of ascending gait changes (Spearman's correlation test, N=12, *reaction time towards whale stimulus:* rs=-0.53, p<0.05; *reaction time towards conspecific stimulus:* rs=-0.69, p<0.05): the more horses took time to be attentive in the AA Test, the more attentive (and obedient) they were in the working task. That is, the less attentive the horses were towards both stimuli, the more attentive they were in the lunge task.

Conclusion

Horses' attention towards an unusual auditory stimulus is rapidly activated (*i.e* short reaction times). The first sequence of attention is very short and characterized by orientation of all sense organs towards the stimulus. Clear individual differences in auditory attention (*i.e.* some mares showed longer attention than others) and in maintaining attention through testing days were identified. Individuals showing a higher attention towards an unusual auditory stimulus seem to show lower attention and lower fragmentation of attention towards a visual stimulus and lower attention performances in the 5-CSRTT.

Discussion

L'ensemble de ces études nous a permis de mettre au point une méthodologie simple, valide et fiable pour caractériser le niveau et la structure de l'attention chez le cheval. Cette méthodologie nous a permis d'identifier des indicateurs pertinents de l'attention du cheval dans un contexte expérimental et ainsi de caractériser, tant de manière qualitative que quantitative, cette fonction cognitive. La modalité du stimulus diffusé apparait différencier les individus et ainsi identifier des formes d'attention distinctes. Des différences individuelles ont été mises en évidence et se sont révélées stables au cours du temps et des situations, suggérant un impact de caractéristiques intrinsèques sur les capacités attentionnelles du cheval.

Caractérisation de l'attention du cheval

En premier lieu, des indicateurs comportementaux et posturaux de l'attention chez le cheval ont été mis en évidence. Les regards apparaissent être un élément crucial pour traduire l'état attentionnel de l'animal. Chez beaucoup d'espèces, en fonction du contexte, l'orientation du regard peut être associée à l'identification des intentions d'un congénère (*e.g.* chez l'homme : Frischen *et al.,* 2007) ou d'un individu d'une autre espèce (*e.g.* relation homme / cheval : Lesimple *et al.,* 2012; Sankey *et al.,* 2011) mais peut également refléter des états émotionnels et mentaux du sujet, comme l'orientation de son attention (Emery, 2000).

Toutefois, l'orientation de l'attention chez le cheval s'avère être bimodale. En effet, que ce soit lors du test d'attention visuelle ou lors du test d'attention auditive, l'utilisation du champ visuel binoculaire associé à une posture des oreilles, de la tête et de l'encolure orientée vers le stimulus de manière fixe semble être privilégiée et indiquer une attention plus soutenue. Ce constat pourrait rejoindre des exemples de la vie quotidienne chez l'homme où les individus doivent coordonner leur attention, selon les modalités, en sélectionnant l'information issue d'une source commune : par exemple, la coordination de l'attention auditive vers les sons issus d'une conversation et de l'attention visuelle vers les mouvements de lèvres de l'individu qui parle (Driver & Spence, 1998). Ces résultats ont aussi été mis en évidence chez l'oiseau, où l'activité cérébrale de l'aire auditive d'étourneaux sansonnet (*Sturnus vulgaris*) était aussi modifiée lors de la présentation de stimuli audio-visuels (George *et al.,* 2011, 2012). Cependant, même lors de l'absence d'indices d'une modalité particulière (*e.g.* absence d'indices visuels), la plupart des études chez le cheval suggèrent un traitement bimodal des stimuli environnementaux (Austin & Rogers, 2012; Basile *et al.,* 2009). Lors de la diffusion de stimuli auditifs, les chevaux tendent à orienter d'abord leurs oreilles vers le

stimulus pour localiser la source (*i.e.* traitement auditif) et tournent ensuite leur tête pour préciser et améliorer les informations sur le contexte d'apparition du stimulus (*i.e.* traitement visuel et auditif), démontrant une potentielle prégnance du traitement visuel même lorsque les stimuli sont de modalité auditive (Waring, 2003, Austin & Rogers, 2012; Basile *et al.*, 2009). Dans le cas contraire, lors de l'absence d'indices auditifs (*e.g.* lors du test d'attention visuelle), les chevaux semblent tout de même orienter leurs oreilles vers le stimulus. Par ailleurs, lors d'une étude évaluant la perception de l'orientation de l'attention des chevaux entre eux, les chevaux utilisaient l'orientation de la tête d'un congénère pour trouver de la nourriture, mais cette capacité s'est avérée perturbée lorsque les yeux et les oreilles étaient dissimulés. Ces résultats indiquent que la combinaison de l'orientation de la tête avec « l'expression faciale » du cheval, impliquant spécifiquement l'orientation des yeux et des oreilles, est nécessaire pour communiquer lors d'une tâche d'attention sociale (Wathan & McComb, 2014). Au-delà du traitement d'informations auditives, la posture et l'orientation des oreilles pourrait donc être un indicateur de l'état attentionnel des individus. Néanmoins, lors de notre test d'attention visuelle, les chevaux n'orientaient pas systématiquement leurs oreilles vers le stimulus visuel. En effet, la posture des oreilles semble influencée par différents facteurs. Chez le mouton, des modifications des postures d'oreilles et de port de queue ont été reliées à des variations du contenu émotionnel de la situation (Reefmann *et al.*, 2009). Ces variations de postures d'oreilles ont par ailleurs été identifiées chez les chevaux lors d'une situation de stress aigu, mais aussi lors de stress chronique (Fureix *et al.*, in prep). La position d'oreille adoptée en cas de douleur ou d'inconfort physique est une orientation du pavillon des oreilles vers l'arrière de l'animal (Pritchett e*t al.*, 2003; von Borstel *et al.*, 2009). En revanche, un stress de type confrontation à un nouvel objet est plutôt associé à une orientation du pavillon des oreilles vers l'avant, associée notamment à l'observation de l'objet (Wolff *et al*,. 1997). Outre la posture des oreilles, la posture globale de l'animal peut traduire son état interne, et notamment son état émotionnel et attentionnel (Darwin, 1972). Observer l'individu dans sa globalité (*i.e.* orientation et postures des différents organes sensoriels et de l'ensemble du corps) apparait être la méthodologie la mieux adaptée pour caractériser l'état attentionnel de l'animal.

De cette manière, il est possible de distinguer différentes formes / niveaux / qualités d'attention. Lors du test d'attention visuelle, deux formes d'attention se distinguant par des postures différentes ont été identifiées: 1) l'attention « globale », caractérisée par une orientation du regard vers le stimulus utilisant le champ visuel monoculaire ou binoculaire,

sans être accompagnée d'une orientation des oreilles ou de l'encolure vers le stimulus. Cette forme d'attention pourrait correspondre une préparation à l'attention, telle qu'un état d'alerte phasique ; 2) l'attention « fixe » caractérisée par l'orientation du regard vers le stimulus en utilisant le champ visuel binoculaire associé à une posture des oreilles, de la tête et de l'encolure orientée vers le stimulus de manière fixe. Cette forme pourrait correspondre à l'attention sélective définie chez l'homme comme la capacité à se focaliser sur les stimuli pertinents de l'environnement tout en ignorant les stimuli non pertinents (Sohlberg & Mateer, 2001).

Outre des distinctions qualitatives de l'attention, des mesures temporelles peuvent permettre de caractériser l'attention de manière quantitative. En premier lieu, la mesure du temps de réaction peut indiquer la capacité des individus à orienter leur attention vers le stimulus de manière plus ou moins rapide. La plupart des chevaux testés présentaient des temps de réaction relativement courts (inférieurs à 5 secondes pour le test d'attention visuelle ou auditive) reflétant la capacité du cheval à percevoir les stimuli de l'environnement rapidement (Hebel, 1976; Lampe & Andre, 2012; Lemasson *et al.,* 2009). Dans un second temps, la structure de l'attention semble s'articuler autour de séquences d'attention courtes (majoritairement inférieures à 4 secondes), rejoignant les travaux de Rapin *et al.,* (2007) ayant montré des durées maximale d'attention de 11.8 secondes. Ces durées de séquence d'attention étaient relativement homogènes au sein de notre population. Ces deux caractéristiques (*i.e.* temps de réaction et séquences d'attention courtes) pourraient donc être représentatives de l'espèce cheval. Une espèce caractérisée comme très vigilante (*e.g.* espèces « proies ») peut-être plus enclin à régulièrement modifier la direction du regard plutôt que de regarder une zone ou un objet pendant de longues périodes (Emery, 2000). D'un point de vue phylogénétique, la durée des séquences d'attention pourrait être un bon indicateur des variations des capacités cognitives au cours de l'évolution. Par exemple, lors d'un paradigme d'observation d'un modèle social appliqué sur différentes espèces, certains auteurs ont mis en évidence des différences en termes de durée maximale de séquences d'attention de l'animal observateur vers le modèle social en fonction des espèces testées (Range & Huber, 2007 ; Range *et al.,* 2009). Les durées moyennes de regard étaient courtes chez le chien (entre 2 et 3.7 secondes) par rapport à des Kéas (entre 9.6 et 11.9 secondes) ou des enfants humains (entre 6.7 et 14.9 secondes) (Range *et al.,* 2009).

Au-delà de caractéristiques propres à l'espèce, certaines mesures semblent être des caractéristiques individuelles. En effet, certains individus présentaient des durées totales

d'attention vers le stimulus (visuel ou auditif) moindres par rapport à d'autres. Malgré des durées totales d'attention variables parmi les individus testés, le nombre de séquences d'attention était relativement homogène au sein de notre population. Ainsi, certains individus tendent à plus fragmenter leur attention (*i.e.* expression de séquences d'attention courtes et nombreuses) que d'autres. A l'état naturel, si le stimulus ne présente pas de danger ou d'intérêt particulier, le cheval va scanner son environnement, ou fixer son regard vers la cible du stimulus, et rapidement retourner à son activité précédente (Waring, 2003). Les différences en termes de durée totale et de fragmentation de l'attention allouée au stimulus peuvent donc dépendre de caractéristiques individuelles pour appréhender la nature du stimulus ou pour maintenir l'attention au cours du temps (Ruff *et al.,* 1990). L'attention du cheval serait « alternative », il existerait une flexibilité cognitive qui permettrait aux individus de déplacer leur attention entre des stimuli différents, traduite par une alternance de regards courts (Sohlberg & Mateer, 2001; Emery, 2000).

L'attention du cheval : une stabilité au cours du temps et entre les situations

Les différences interindividuelles de qualité (*i.e.* expression ou non d'attention fixe), de quantité (*i.e.* durée d'attention) et de structure (*i.e.* fragmentation de l'attention) d'attention visuelle se sont révélées stables au cours du temps. Par exemple, les chevaux présentant des durées d'attention importantes vers le stimulus visuel lors de la première session de test, présentaient le même pattern comportemental six mois plus tard, suggérant qu'il s'agit de caractéristiques individuelles intrinsèques. Par ailleurs, ces différences individuelles ont aussi été identifiées comme stables au cours des situations (*i.e.* lors du 5-CSRTT et lors d'une situation de travail). Les chevaux étant les plus attentifs lors du test d'attention visuelle, l'étaient aussi lors du 5-CSRTT et lors d'une situation de travail. Or, le 5-CSRTT est un test communément employé pour évaluer les capacités attentionnelles chez différentes espèces et dont l'interprétation est déjà connue (Robbins, 2002). Les mesures issues de ce test (*i.e.* pourcentage de bonnes réponses, latences) sont donc déjà identifiées comme représentatives de l'attention (Carli *et al.,* 1983; Robbins, 2002).

Les corrélations identifiées entre l'attention des chevaux lors du test d'attention visuelle et l'attention des chevaux lors du 5-CSRTT / lors d'une situation de travail permettent de vérifier la validité (*i.e.* le test utilisé mesure bien l'attention des chevaux) et la fiabilité (*i.e.* répétabilité et constance des mesures) du test d'attention visuelle (Martin & Bateson, 1993). Par ailleurs, les chevaux les moins attentifs lors du test d'attention visuelle,

lors du test du 5-CSRTT et lors d'une situation de travail, ont des durées d'attention plus importantes lors du test d'attention auditive. Ces résultats suggèrent que le test d'attention auditive ne mesurerait pas les mêmes formes d'attention que le test d'attention visuelle. Le test d'attention visuelle permettrait d'évaluer les capacités des individus à se focaliser sur un stimulus alors que le test d'attention auditive permettrait d'identifier la distractibilité des individus définie comme des changements involontaires d'attention attirée par des évènements imprédictibles (Horváth, 2014). En effet, les individus les plus attentifs (*i.e.* durées d'attention plus longues) aux stimuli auditifs sont aussi restés attentifs pendant les 4 jours de test. Ces individus ne se seraient pas habitués aux stimuli ou pourraient présenter des perturbations d'attention sélective (*i.e.* capacité à filtrer les stimuli non pertinents de l'environnement) (Sohlberg & Mateer, 2001; Maquestiaux, 2013). Ces résultats sont confirmés par la caractérisation de l'attention du cheval au travail *via* des observations en contexte habituel. Les observations lors d'un exercice de longe ont permis de mettre en évidence un indicateur de distractibilité (*i.e.* changement d'allure) pertinent (Rivera *et al.*, 2002). En effet, lors d'un exercice de longe, les chevaux doivent maintenir leur attention vers les ordres vocaux de l'expérimentateur et ce pendant toute la durée de l'exercice. Le fait de changer d'allure sans la présence d'ordre vocal peut donc potentiellement refléter une diminution de l'attention vers l'expérimentateur à un instant donné de l'exercice. Les ordres vocaux de l'expérimentateur sont par ailleurs de modalité auditive, on aurait donc pu s'attendre à ce que les chevaux les plus attentifs vers les stimuli auditifs soient plus attentifs vers les ordres vocaux en longe. Cependant, contrairement aux stimuli diffusés lors du AA test, les ordres vocaux ont une signification particulière (*i.e.* les chevaux ont appris pendant plusieurs séances au préalable à associer l'expression d'un comportement en réponse à un ordre particulier) entrainant une attente de l'individu et/ou une pertinence des ordres vocaux (Caporello Bluvas & Gentner, 2013).

Facteurs de modulation de l'attention du cheval : impact de caractéristiques intrinsèques

Outre la validité et la fiabilité du test d'attention visuelle vérifiées, la stabilité des différences individuelles au cours du temps et des situations laisse penser que les caractéristiques attentionnelles pourraient, pour certains points, être considérées comme un trait de tempérament. En effet, le tempérament est défini comme un ensemble de différences

comportementales propres à chaque individu, qui apparait très tôt dans la vie de l'individu et qui reste stable au cours du temps et des situations (Bates, 1989). Cependant, l'apparition des caractéristiques attentionnelles précocement dans de vie de nos individus n'a pas pu être évaluée dans notre étude. Mais la stabilité des caractéristiques attentionnelles à 6 mois d'intervalle et entre les situations pourrait rejoindre les travaux de Rothbart (1989) chez l'homme, stipulant que les différences individuelles de tempérament peuvent être de l'ordre de la vigilance, de l'émotion et de l'attention en se basant sur la réactivité et l'autorégulation (Rothbart, 1989; Rothbart & Derryberry, 1981; Derryberry & Rothbart, 1988; Rothbart & Bates, 2006). La réactivité des individus testés dans nos études pourrait correspondre à la vitesse et la valence (positive ou négative) de l'attention allouée aux divers stimuli présentés (visuels et auditifs). Chez le cheval, des différences interindividuelles de réactivité émotionnelle ont déjà été identifiées, par exemple lors de tests en présence d'un objet nouveau (Wolff *et al.,* 1997). La réactivité émotionnelle semblait être influencée par l'origine génétique des individus (Wolff *et al.,* 1997; Hausberger & Muller, 2002; Hausberger *et al.,* 2004) mais aussi par la discipline d'équitation effectuée par les chevaux (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). Les différences individuelles de comportement peuvent donc correspondre à une susceptibilité génétique en interaction avec des facteurs environnementaux. L'émergence d'un potentiel « trait » de tempérament « d'attention » tôt dans la vie des individus reste à examiner (Hausberger & Richard-Yris, 2005 ; Henry *et al.,* en prep). Toutefois, on peut déjà supposer que les caractéristiques individuelles d'attention peuvent être modulées par des facteurs environnementaux au cours de la vie des individus.

D'autres auteurs ont regroupé sous le trait de tempérament « attention », des dimensions de persévérance et de distractibilité (Bates, 1989; Andrew, 1972). La persévérance est définie comme le fait de persister dans une action comportementale (ou une pensée) en présence d'obstacles, en l'absence de récompense ou en dépit d'atteindre un but particulier (Thomas & Chess, 1977). La distractibilité est quant à elle, définie comme l'efficacité d'un stimulus de l'environnement à interférer avec ou à altérer la direction ou la poursuite d'un comportement ou également d'une pensée (Thomas & Chess, 1977). Une seule étude à notre connaissance a essayé d'évaluer la distractibilité chez le cheval (Lansade, 2005). Pour évaluer la distractibilité, les auteurs ont habitué les chevaux à des cubes en plastique en les plaçant devant leurs boxes pendant une semaine. Lors du test, les cubes, considérés comme des items distrayants, étaient placés dans la zone de test où le cheval était laissé en liberté. Le cheval devait passer devant les cubes pour obtenir de la nourriture à l'extrémité de

la zone de test. Les contacts et les regards dirigés vers les cubes étaient relevés en tant que mesure de distraction des chevaux. Pour évaluer la persévérance, les auteurs ont placé une corde devant une zone où se trouvait une récompense alimentaire, préalablement identifiée par les individus testés. Lors d'une première étape, les chevaux apprenaient à toucher la corde pour atteindre la nourriture. Dans une seconde étape, même si les chevaux touchaient la corde, ceux-ci n'avaient pas accès à la nourriture. Le temps passé devant la corde, les comportements vers la corde (*i.e.* pousse, flaire, mordille) et les comportements d'agitation (grattage du sol) étaient relevés en tant que mesure de persévérance. Les auteurs ont montré que plus les chevaux présentaient une « ténacité dans le comportement » traduisant leur persévérance, moins ils étaient « distractibles » par les objets de leur environnement. Ces caractéristiques étaient stables entre les âges de 8 mois, 1.5 ans et 2.5 ans. Il apparait cependant que la motivation vers la nourriture peut dépendre d'un individu à l'autre, et que cette motivation a pu être évaluée dans ce paradigme plutôt que la distractibilité. Chez l'homme ou chez l'animal, la distractibilité serait plutôt reflétée lors de la diminution des performances (*i.e.* attentionnelles ou d'apprentissage) attribuée à une faiblesse du contrôle inhibiteur de l'attention vers des stimuli « distracteurs » (*e.g.* homme: Duchek *et al.,* 1998; chien: Snigdha *et al.,* 2012). Au vue des performances attentionnelles ou d'apprentissage moindres lors du test d'attention visuelle, du test du 5-CSRTT et lors d'une situation de travail pour les chevaux présentant une attention plus importante vers les stimuli auditifs, notre test d'attention auditive pourrait se rapprocher d'une évaluation de cette distractibilité. Cependant, l'apparition précoce et la stabilité dans le temps de cette caractéristique n'ont pas pu être évaluées.

Que les caractéristiques attentionnelles évaluées lors de nos études soient un trait de tempérament reste donc une question, elles restent néanmoins le reflet d'une fonction cognitive importante. Les différences interindividuelles claires identifiées peuvent être influencées par des facteurs intrinsèques ou extrinsèques. Par exemple, si **l'origine paternelle** ou la **race** des chevaux ont été identifiés comme des facteurs ayant un rôle important sur la modulation de réactions émotionnelles et les capacités d'apprentissage, le type de travail effectué par le cheval joue aussi un rôle modulateur sur ces réactions et compétences (Hausberger & Richard-Yris, 2005 ; Hausberger *et al.*, 2004 ; Hausberger *et al.*, 2011). Dans la présente étude, les chevaux sont nés et vivent dans les mêmes conditions. Les pratiques routinières (alimentation, vermifugation) (Henry *et al.,* 2013), les conditions d'hébergement (Pang & Hannan, 2013), les expériences précoces (Henry *et al.,* 2006; Durier

et al., 2012) ou les relations à l'homme (Sankey *et al.*, 2011) ont pu avoir un impact sur les caractéristiques attentionnelles des juments évaluées, mais cet impact était le même pour tous les individus. L'impact de l'origine génétique des individus pourrait être mesuré. Mais seulement deux juments étaient issues du même père, il n'était donc pas possible d'évaluer statistiquement l'impact du statut génétique sur l'attention des juments avec si peu d'individus apparentés. Les autres individus présentaient une grande disparité génétique (au niveau du père ou de la mère). De même, l'impact de la race semble difficile à identifier de par le fait que les chevaux « selle-français » sont issus de croisement de divers race y compris de race « anglo-arabe ».

Pour certains auteurs, **l'âge** des chevaux peut influencer les capacités d'apprentissage (liée à des processus attentionnels). Houpt *et al.*, (1982) et Mader & Price, (1980) ont par exemple montré que des chevaux plus jeunes (*e.g.* 6 à 8 mois) apprennent plus vite que des adultes. A l'inverse, Wolff & Hausberger (1996) ont observé des jeunes chevaux âgés de 1 à 3 ans et n'ont pas identifié de différences de performances d'apprentissage en fonction de l'âge des chevaux. L'attention semble aussi être influencée par l'âge des individus, les chevaux plus jeunes (3-7 ans) ayant des durées d'attention plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors du paradigme d'attention développé par Rapin *et al.*, 2007. Cependant, les chevaux plus jeunes ont montré une rapide diminution de leurs durées d'attention alors que les chevaux plus âgés avaient des performances similaires ou améliorées au cours du temps. Au sein de notre population, aucune corrélation entre l'âge des chevaux et leur « quantité attentionnelle » n'a pu être mise en évidence. Cependant, les deux juments âgées de 5 ans semblaient présenter des durées d'attention plus longues lors du premier jour de test d'attention visuelle. Cette caractéristique pourrait dépendre des capacités exploratoires / néophiles propres aux jeunes individus (Lindberg *et al.*, 1999).

Attention et performances cognitives : vers un continuum entre attention, apprentissage et mémorisation.

Les capacités attentionnelles apparaissent donc correspondre à une caractéristique individuelle influencée par des facteurs intrinsèques (*e.g.* âge, Rapin *et al.*, 2007) pouvant être modulée par l'expérience de l'individu (*e.g.* maturation des processus attentionnels, Rueda *et al.*, 2005). Chez l'homme, certains individus ayant des capacités à se focaliser sur une tâche donnée plus importante que d'autres vont pouvoir avoir de meilleures performances que ce

soit à l'école (Begin, 1991), lors de performances sportives (Singer *et al.,* 1991) ou au travail (Randall *et al.,* 2014). Dans nos études, un niveau d'attention important lors du test d'attention visuelle apparait prédire de meilleures performances d'apprentissage lors du 5-CSRRT. Ces résultats sont en accord avec la littérature chez l'homme soulignant de meilleures capacités d'apprentissage lorsque les individus sont attentifs (Krapp, 1999; Davids *et al.,* 2003) mais aussi chez le cheval (Rochais *et al.,* 2014). D'un autre point de vue, être inattentif, distrait, peut nuire aux compétences d'apprentissage et peut être préjudiciable pour la réalisation d'une tâche demandée (Kanfer & Ackerman, 1989; Randall *et al.,* 2014). Les problèmes d'apprentissage et d'attention seraient donc sur un continuum, interdépendants, et coexistants (Mayes *et al.,* 2000). Ce pattern de « distractibilité » peut être retrouvé au sein de notre population chez les individus ayant des durées et un maintien de l'attention plus marqué vers les stimuli auditifs, qui présentent aussi des capacités d'apprentissage moindres lors du 5-CSRTT et plus de comportements de distraction au travail. Ces chevaux pourraient être caractérisés comme « distraits » si leur attention est rarement focalisée sur un stimulus donné (Randall *et al.,* 2014) ou « hyper-attentifs » s'ils présentent plutôt une altération de l'inhibition de l'attention vers des stimuli non pertinents de l'environnement (Mayes *et al.,* 2000). Par ailleurs, les durées d'attention lors du test d'attention visuelle ou lors du test d'attention auditive diminuaient au cours des jours de test suggérant un phénomène d'habituation (*i.e.* forme d'apprentissage consistant en la diminution graduelle de l'intensité ou de la fréquence d'apparition d'une réponse suite à la présentation répétée ou prolongée du stimulus l'ayant déclenchée, Harris, 1943). Or, lors du test d'attention auditive, les individus présentant des durées d'attention plus importantes ont continué à être attentifs vers les stimuli pendant les 4 jours de test, suggérant l'absence d'habituation vers ces stimuli et appuyant donc l'hypothèse d'un profil de chevaux plutôt « hyper-attentifs » n'ayant pas « appris » à diminuer leur réponse vers les stimuli auditifs.

Outre l'influence de l'attention sur les performances d'apprentissage, l'attention est impliquée dans les processus de mémoire de travail, de mémoire à court et à long terme (Cowan, 1997). Lors du test d'attention visuelle effectué 6 mois après la première session de test, l'attention des chevaux vers le stimulus visuel était moindre que lors de la première session de test. Dans un premier temps, ces résultats appuient les phénomènes d'habituation ayant déjà été identifiés entre les jours lors de la première session de test. Dans un second temps ces résultats mettent aussi en évidence une mémorisation du stimulus et/ou du contexte expérimental 6 mois après la première session de test. Cette mémorisation serait médiée par

des processus attentionnels tant dans la rétention de stimuli en mémoire, que dans leur récupération. Le rappel du matériel stocké n'est possible que par la présence de l'attention à la fois au moment de l'encodage et au moment du rappel (Cowan, 1997). L'existence d'une mémoire à long terme chez le cheval à déjà été clairement démontrée. Par exemple, Marinier & Alexander, (1994) ont montré que des chevaux avaient parfaitement mémorisé un labyrinthe appris une semaine plus tôt. Wolff & Hausberger, (1996) ont démontré que des chevaux ayant réussi lors d'une tâche de détour ou lors d'une tâche instrumentale (ouverture d'une boîte pour s'alimenter) avaient des performances comparables après un intervalle d'un mois. Enfin, Hanggi & Ingersoll, 2009 ont montré expérimentalement que des chevaux étaient capables de se souvenir de tâches relativement complexes de résolution de problèmes après 7 à 10 ans.

Caractérisation de l'attention du cheval: avancées méthodologiques

D'un point de vue méthodologique, lors du test d'attention visuelle ou lors de la diffusion de stimuli auditifs, les réponses comportementales étaient plus marquées lors du 1er jour de test. Ces résultats suggèrent un impact de la nouveauté du stimulus pouvant être perçu différemment en fonction du tempérament néophile ou néophobe de l'individu (Wolff *et al.*, 1997). Lors du test d'attention visuelle, la répétition du test pendant plusieurs jours successifs nous a permis d'identifier des éléments de stabilité entre le 2ème et le 3ème jour de test. Ainsi, les relevés temporels (*i.e* durée totale d'attention) et la structure (*i.e.* nombre, durée et fragmentation des séquences) mesurés dès le 2ème jour semblent refléter les capacités d'attention des individus de manière générale. D'un point de vue méthodologique, il ne serait donc pas nécessaire d'effectuer ce test pendant plus de 2 jours puisque les mêmes réponses comportementales apparaissent au 2ème et le 3ème jour. D'un point de vue appliqué, cela renforce la simplicité et la rapidité de réalisation de ce test d'attention visuelle lui permettant d'être réalisé dans divers endroits (centre-équestre, écuries de sport, élevages…).

L'adaptation du 5-CSRTT au modèle cheval a permis la mise en place d'un test novateur chez le cheval. Ce test a aussi permis d'identifier l'attention des chevaux dans un contexte expérimental reconnu pour évaluer les capacités attentionnelles des animaux (Robbins, 2002). Ce test permet l'évaluation de l'attention des chevaux vers un stimulus ayant une valence particulière. Au vue de l'utilisation d'un conditionnement opérant lors du 5-CSRTT, la réponse comportementale vers un stimulus initialement neutre (*e.g.* bref éclair de

lumière) a pu être associée à l'obtention d'un renforcement positif (*e.g.* nourriture) (Skinner, 1938). De cette manière, la valence émotionnelle positive associée au stimulus de lumière va permettre d'augmenter la motivation de l'individu et diriger son attention vers ce stimulus initialement neutre (Raymond, 2009). D'un point de vue méthodologique, le 5-CSRTT permet donc d'identifier les performances attentionnelles du cheval vers un stimulus qui lui est pertinent par rapport au stimulus neutre présenté lors du test d'attention visuelle.

Le développement du test d'attention auditive apparait très novateur pour évaluer la distractibilité des animaux. Dans la littérature, il existe très peu d'étude ayant cherché à évaluer la distractibilité dans les conditions de vie habituelles des animaux (Snigdha *et al.*, 2012). La plupart des études se basent sur l'identification de modèles animaux de troubles de l'attention en combinant la diffusion de distracteurs lors d'une tâche d'attention ou d'apprentissage (McGaughy & Sarter, 1995).

Conclusion

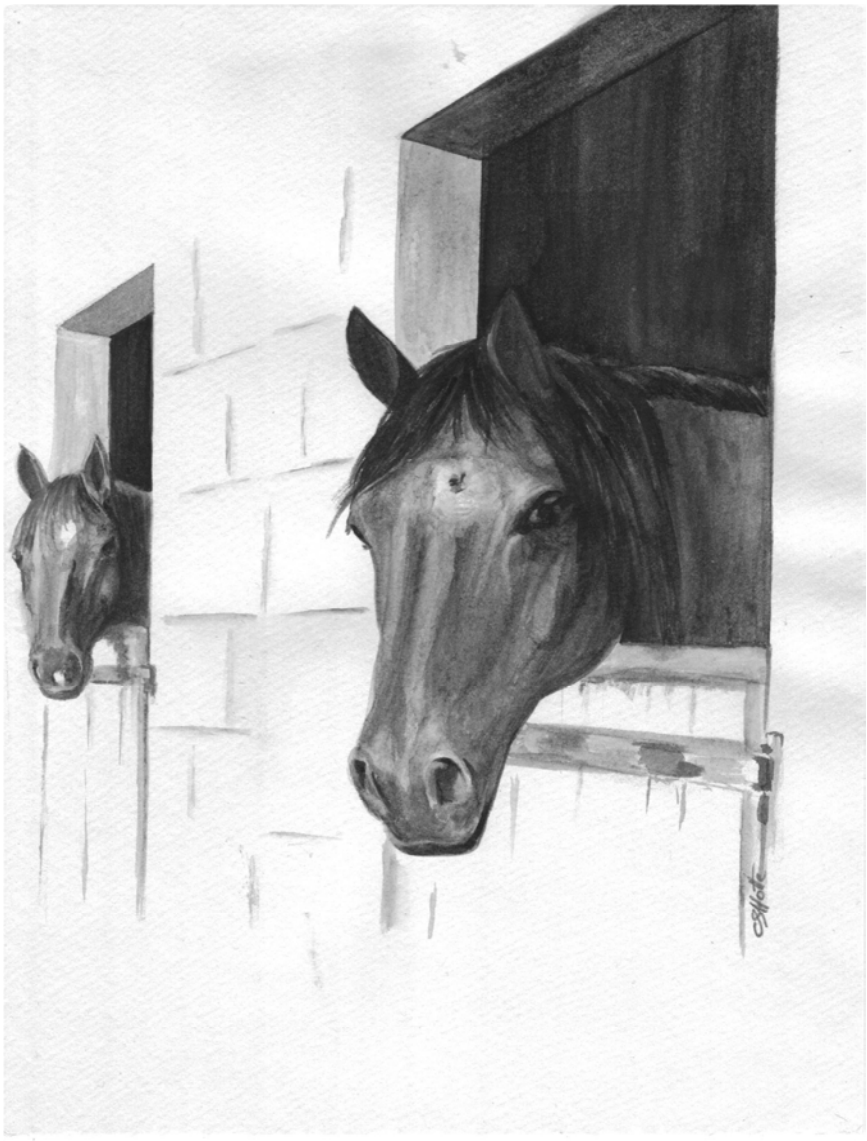
Notre méthodologie développée pour caractériser l'attention du cheval a donc permis d'identifier des différences interindividuelles de qualité (*i.e.* expression ou non d'attention fixe), de quantité (*i.e.* durée d'attention), de structure (*i.e.* fragmentation de l'attention) et de « formes » (*i.e.* attention sélective *vs* distractibilité) d'attention. De cette manière, des profils de chevaux pourront être mis en évidence, certains profils comprenant des individus caractérisés par l'expression d'une attention particulièrement fragmentée, d'autres comprenant des individus caractérisés comme distraits. Ces profils pourront être reliés à d'autres fonctions cognitives comme les capacités d'apprentissage ou de mémorisation, fortement influencées par les processus attentionnels. L'identification de profils attentionnels pourra avoir un impact sur l'utilisation des chevaux dans un cadre appliqué. Pour la pratique de l'équitation, quelle que soit la discipline effectuée, il est nécessaire que le cheval soit attentif aux commandes du cavalier. Le cheval doit donc être capable de focaliser et maintenir son attention (*i.e.* attention sélective, attention soutenue) sur la tâche demandée par le cavalier, et d'inhiber l'orientation de son attention vers des stimuli non pertinents de l'environnement (*i.e.* faible distractibilité). C'est une des raisons pour laquelle nous avons développé et validé des tests d'attention simples, non invasifs, pouvant être utilisé dans différents contextes, pour pouvoir ainsi caractériser l'attention d'un plus grand nombre de chevaux et identifier des profils attentionnels. L'utilisation de ces outils permettra de proposer

des choix d'animaux (*e.g.* adaptés pour une discipline donnée), des stratégies d'éducation (*e.g.* durée des séances d'entrainement) permettant de promouvoir l'attention du cheval au travail et donc sa valorisation. Enfin, les caractéristiques attentionnelles apparaissent stables au cours du temps et des situations, qui en font un potentiel de trait de tempérament. Cependant, l'apparition précoce des caractéristiques attentionnelles reste à être identifiée. Dans tous les cas, les caractéristiques attentionnelles peuvent être modulées par des facteurs externes comme une situation stressante (Valenchon *et al.*, 2013), l'état émotionnel (Mendl *et al.*, 2009), la relation avec l'homme (Sankey *et al.*, 2011; Hausberger *et al.*, 2008), la discipline effectuée au travail (Hausberger *et al.*, 2011). L'utilisation de notre méthodologie validée dans ce chapitre permettra d'évaluer l'impact de facteurs de modulation de l'attention d'ordre intrinsèque (*e.g.* sexe) et extrinsèque (*e.g.* discipline d'équitation) (*cf* **chapitre 4**).



Chapitre 4

Conditions de vie,
Etat de bien-être / mal-être
et caractéristiques attentionnelles.



4. CONDITIONS DE VIE, BIEN-ETRE & ATTENTION

Introduction

Les caractéristiques attentionnelles du cheval semblent être stables dans le temps et entre les situations (*cf* **chapitre 3**), et notamment entre un contexte expérimental et un contexte de travail. Les caractéristiques attentionnelles peuvent prédire les performances pour d'autres capacités cognitives comme l'apprentissage ou la mémorisation. Des différences individuelles ont pu être identifiées, suggérant l'impact de caractéristiques intrinsèques sur l'attention des chevaux. Or, des facteurs environnementaux (*e.g.* conditions d'hébergement, travail) apparaissent moduler les capacités cognitives et l'état de bien-être / mal-être des chevaux (Hausberger *et al.*, 2004 ; Lesimple *et al.*, 2011, 2012). L'utilisation de notre méthodologie décrite précédemment (*cf* **chapitre 3**) nous a permis ici d'identifier l'impact de facteurs environnementaux et de l'état de bien-être / mal-être sur les caractéristiques attentionnelles des chevaux.

Impact des conditions de vie sur les capacités cognitives

Chez l'homme comme chez l'animal, les conditions de vie peuvent avoir un impact sur le comportement général de l'individu et potentiellement sur ses caractéristiques attentionnelles. Chez l'animal, des conditions de vie en captivité / domestiques peuvent entrainer des conditions d'hébergement comprenant des restrictions spatiales, sociales ou alimentaires imposant des contraintes sur le développement et l'expression des comportements propres à une espèce donnée (Bolhuis *et al.*, 2005).

Structuration de l'environnement physique

Chaque espèce nécessite des conditions d'hébergement adaptées en fonction de ses caractéristiques propres. Des animaux tels que les porcs, les vaches et les chevaux, vivant à l'état naturel sur des domaines vitaux larges avec des ressources alimentaires variées, nécessiteront des conditions d'hébergement en captivité impliquant de l'espace et une recherche alimentaire (porcins : *e.g.* Caley, 1997; bovins : *e.g.* Krazinska *et al.*, 2000 ; équins *e.g.* Duncan, 1980). Or, il a été montré que des conditions d'hébergement offrant plus d'espace et un substrat sur le sol stimulant la recherche alimentaire améliorent les capacités cognitives chez le porc domestique (*Sus scrofa domesticus*) lors d'une tâche de discrimination

spatiale (Bolhuis *et al.*, 2013). Chez les rongeurs (*e.g.* rats, souris), l'espace, la présence de matériel pour réaliser un nid ou de structures verticales pour augmenter les comportements locomoteurs seront appropriés à ces espèces (Girbovan & Plamondon, 2013). Des rats vivant dans des environnements contenant des structures de type tunnel n'ont pas présenté de diminution de capacités attentionnelles couramment observées au cours du vieillissement par rapport à des rats vivant en conditions de laboratoire classiques (Harati *et al.*, 2011). A l'inverse, une privation spatiale chez le rat entraine les mêmes déficits d'attention sélective que chez des animaux ayant eu des lésions du cortex préfrontal médian (Birrell & Brown, 2000). En effet, des restrictions spatiales chez le rat dès les premiers moments de vie peuvent perturber le contrôle inhibiteur de l'attention sélective. Cette perturbation donne lieu à des patterns comportementaux atypiques comme une hyperactivité en réponse à des stimuli nouveaux et une tendance à la persévération (*i.e.* répétition de réponses comportementales lorsqu'elles ne sont plus appropriées, comme lors d'une altération de l'extinction d'un apprentissage, Sandson & Albert, 1984; Schrijver & Würbel, 2001). Ces perturbations seraient dues à de moins bonnes performances pour traiter des informations environnementales, par altération des capacités à filtrer les informations sensorielles (Würbel, 2001).

Structuration de l'environnement social

Comme pour l'environnement physique, l'environnement social doit être adapté à chaque espèce. Certaines espèces solitaires ne nécessiteront pas de partenaires sociaux (*e.g.* vison, Hansen *et al.*, 1998), alors qu'une privation sociale peut altérer le comportement de manière générale chez une espèce sociale (*e.g. vaches* :Ninomiya & Sato, 2011; *macaques rhésus*: Harlow *et al.*, 1965; *cheval*: Cooper *et al.*, 2000). Chez les espèces sociales, la présence de partenaires sociaux permet de stimuler les capacités cognitives des individus. Vivre en groupe social nécessite d'être attentif aux actions et comportements des autres membres du groupe (Scheid *et al.*, 2007). L'absence de partenaires sociaux peut donc altérer les capacités cognitives. Par exemple chez l'étourneau sansonnet, l'absence de partenaires sociaux entrainant un déficit d'attention sélective envers ces partenaires pendant la période de développement cérébral peut aller jusqu'à induire une perturbation du développement des aires sensorielles cérébrales (Cousillas *et al.*, 2006). Des poulets isolés socialement ont montré des performances lors d'un apprentissage spatial (*i.e.* tâche de détour) moindres que des animaux vivant en groupe social (Regolin *et al.*, 1995). La vie en groupe social ne doit pas non plus être une source de stress. Par exemple, chez le rat, une instabilité du groupe

social peut créer des tensions entre les individus induisant un stress chronique. Des rats confrontés à de tels stress sociaux (*i.e.* changement des individus du groupe régulièrement) pendant 6 mois avaient des performances d'apprentissage spatial moindres que des rats restés en groupe social stable (Bodnoff *et al.*, 1995).

Alimentation

En captivité, les ressources alimentaires sont le plus souvent distribuées par l'homme, ce qui entraine une diminution du temps passé en recherche alimentaire (Clubb & Mason, 2003). Chez beaucoup d'espèces, la recherche alimentaire peut stimuler les capacités cognitives des individus (*cf* **chapitre 1**). On peut donc supposer que le contexte d'alimentation en captivité ne permet pas le maintien de certaines capacités cognitives comme l'attention sélective envers une proie ou envers une espèce végétale particulière. L'alimentation en tant que telle (*e.g.* valeur nutritive) peut aussi avoir un impact sur les capacités cognitives. Plusieurs nutriments sont connus pour jouer un rôle important dans le maintien et la modulation des mécanismes neurobiologiques et physiologiques jouant sur l'expression des comportements (Wallner & Machatschke, 2009). Un régime riche en acides-gras non saturés a été identifié comme un facteur de modulation d'un grand nombre de comportements chez les rongeurs, tels que les comportements locomoteurs, l'agressivité, les comportements sociaux et les capacités cognitives (Fedorova & Salem, 2006; Nemeth *et al.*, 2014). Les capacités de mémoire spatiale dans un labyrinthe ont été améliorées chez les rat dont le régime alimentaire était riche en acide gras non saturés (Ferraz *et al.*, 2011). Ces résultats suggèrent que l'alimentation peut avoir un impact sur les capacités mnésiques médiées par des processus attentionnels.

Les conditions d'hébergement, le contexte social ainsi que l'alimentation en captivité peuvent parfois s'éloigner des conditions dans lesquelles les animaux évoluent à l'état naturel. Ces conditions de vie peuvent avoir un impact sur les capacités cognitives et potentiellement sur l'attention des animaux.

Chez le cheval

En condition domestique, le logement des chevaux implique bien souvent des restrictions spatiales: le mode de logement le plus commun (en particulier en centres équestres) est le box individuel d'à peine une dizaine de m². Les structures ouvertes de type paddock / pré offrent plus d'espace aux animaux, mais sont d'une taille relativement petite et

comprennent moins de stimulations sensorielles par rapport au domaine vital en conditions naturelles chez cette espèce. Dans une étude portant 184 chevaux issus de 22 centre-équestres, où les chevaux effectuaient le même type de travail mais avaient des modes d'hébergement différents, le comportement des individus différait en fonction de l'hébergement. L'hébergement en boxes a été associé à une réactivité émotionnelle plus élevée lors de 3 tests (*cf* **chapitre 3**) évaluant l'émotivité chez le cheval (Lesimple *et al.*, 2011). Les chevaux caractérisés comme étant plus émotifs avaient des performances d'apprentissage moindres lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (Lesimple *et al.*, 2011). Les auteurs suggèrent que malgré la présence de différences individuelles en termes d'émotivité et/ou de performances d'apprentissage, le type de gestion des centre-équestres avait un impact plus fort sur le comportement des chevaux (Lesimple *et al.*, 2011). Par ailleurs, Rivera *et al.* (2002) ont observé le comportement de chevaux logés en boxes individuels par rapport à des chevaux vivant en groupe au pré dans un contexte de travail (*i.e.* exercice de longe et travail monté). Les auteurs ont identifié plus de comportements « indésirables » et de « distractibilité » chez les chevaux vivant en boxes. Dans une autre étude, Søndergaard & Ladewig, (2004) ont aussi comparé le comportement de jeunes chevaux lors de l'entrainement en fonction de leur mode d'hébergement. Certains chevaux étaient hébergés en boxes individuels et d'autres étaient en groupes en stabulation (*i.e.* large enclos dans un bâtiment). Les auteurs ont montré que les chevaux hébergés en boxes individuels ont moins bien appris lors de l'entrainement et exprimaient plus de comportements agressifs envers l'entraineur (*i.e.* morsures) par rapport aux chevaux vivant en groupe. Ces différentes études suggèrent un impact des conditions d'hébergement classiques sur les capacités cognitives du cheval telles que les capacités d'apprentissage, mais aussi sur la capacité à « se concentrer » et donc être attentif dans un contexte de travail.

Ces études soulignent aussi l'impact de la vie en groupe social. Que ce soit dans l'étude de Rivera *et al.*, (2002) ou de Søndergaard & Ladewig, (2004), les jeunes chevaux entrainés semblaient plus attentifs et montraient de meilleures performances d'apprentissage lorsqu'ils étaient logés en groupe. Il est envisageable que la vie en groupe social stimule l'attention vers les autres membres du groupe et ainsi améliore les capacités attentionnelles. La vie en groupe social permet aussi d'être attentif aux actions et comportements des autres membres du groupe, entrainant un apprentissage des « bons » comportements sociaux (Hartmann *et al.*, 2012). L'absence d'expériences sociales chez le jeune peut altérer les comportements sociaux une fois adulte. La vie en groupe social entraine une amélioration des

comportements sociaux vers des congénères familiers et non familiers (Christensen *et al.*, 2002). Chez le jeune cheval, la vie en groupe social permet aussi d'exprimer plus de comportements de jeux, qui selon certains auteurs, entrainent une amélioration des capacités cognitives (VanDierendonck & Spruijt, 2012). Cependant, l'impact de la vie en groupe social *per se* sur les capacités cognitives du cheval n'a pas été testé.

La plupart des études sur l'effet du régime alimentaire sur le comportement des chevaux se sont intéressées au développement de comportements anormaux (Mcgreevy *et al.*, 1995; Redbo *et al.*, 1998; Nicol *et al.*, 2002). Dans une étude portant sur 8 chevaux, Holland *et al.*, (1996) ont évalué l'impact de régimes plus ou moins gras (*i.e.* ajout d'huile de maïs ou de soja) sur le comportement des chevaux. Les auteurs ont constaté une diminution de la réactivité vers des stimuli auditifs et visuels ainsi qu'une diminution de l'activité locomotrice lorsque les chevaux étaient nourris avec un régime contenant plus de graisse (Holland *et al.*, 1996). Dans une autre étude, Nicol *et al.*, (2005) ont comparé un régime classiquement utilisé pour les chevaux à base d'amidon et de sucre avec un régime à base de lipides et de fibres. Les comportements des 17 poulains testés avec les différents régimes alimentaires ont été observés dans leurs conditions de vie habituelles et lors de test de tempérament (*i.e.* test de l'objet nouveau, test de réaction à une personne non familière, et test du « pont » où l'individu doit passer par-dessus un objet inconnu ; *cf* **chapitre 3**). Les poulains ayant été nourris avec le régime à base de lipides et de fibres ont montré une réactivité émotionnelle moindre lors des tests de tempérament que les poulains nourris avec de l'aliment classique. Ils ont effectué plus de comportements d'exploration lors du test d'objet nouveau (plutôt que de comportements de vigilance), ont passé moins de temps éloigné de la personne inconnue, et mettaient moins de temps pour franchir le « pont ». Les auteurs suggèrent un effet apaisant du régime à base de lipides et de fibres sur le comportement des poulains dans des situations potentiellement anxiogènes. Ces deux études suggèrent un impact du régime alimentaire sur la réactivité émotionnelle des chevaux. Cette réactivité peut potentiellement moduler certaines capacités cognitives telles que les capacités d'apprentissage (Lindberg *et al.*, 1999 ; Lesimple *et al.*, 2011).

Le cheval en conditions domestiques est aussi confronté à des activités d'équitation (*e.g.* de loisir, de compétition). L'équitation a été identifiée comme un facteur de modulation de l'état de bien-être chez le cheval (von Borstel *et al.*, 2009; Hausberger *et al.*, 2009; Lesimple *et al.*, 2010). L'équitation peut aussi affecter la personnalité du cheval: des chevaux entrainés pour des compétitions de dressage ont été identifiés comme plus émotifs que des

chevaux entrainés pour d'autres disciplines (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). De plus, la discipline d'équitation pour laquelle le cheval est entrainé semble avoir un impact sur les capacités cognitives du cheval. Une étude portant sur 700 chevaux, de différents âges, différentes races et de différents sites équestres, a évalué le poids relatif des facteurs intrinsèques et environnementaux sur le tempérament des chevaux (Hausberger *et al.*, 2004). Les auteurs ont montré que le type de travail effectué par les chevaux avait un impact majeur sur les réactions des chevaux à la séparation sociale (*i.e.* test de l'arène) et sur les performances d'apprentissage. Des chevaux de « haute école » (*i.e.* chevaux de dressage capables d'effectuer des exercices avancés comme par exemple le piaffer) ont été moins performants dans des tâches d'apprentissage instrumental par rapport à des chevaux effectuant d'autres disciplines (*e.g.* saut d'obstacle, voltige) (Hausberger *et al.*, 2004). Les auteurs suggèrent que ces chevaux sont contraints par les ordres des cavaliers dans cette discipline, donnant ainsi très peu de liberté au cheval. Les chevaux ne pouvant pas « prendre d'initiatives » dans leur contexte de travail, ne développeraient pas d'apprentissage dans d'autres contextes (Hausberger *et al.*, 2004).

Chez le cheval, le mode d'hébergement et le type de travail ont donc un impact sur les capacités cognitives des chevaux (Hausberger *et al.*, 2004 ; Lesimple *et al.*, 2011). L'effet d'un isolement social ou d'un régime alimentaire particulier sur les capacités cognitives reste cependant à évaluer.

Impact de l'état de bien-être / mal-être sur les capacités cognitives

Impact de l'état de bien-être / mal-être sur les capacités cognitives chez diverses espèces

Le bien-être peut se définir comme l'état d'un individu en relation avec son environnement interne et externe. Un état de mal-être apparait lorsque l'individu est incapable de s'adapter aux contraintes qui lui sont imposées par son environnement, ou qu'il éprouve d'importantes difficultés à le faire (*e.g.* Broom, 1986; 1991; Fraser *et al.*, 1997).

Chez l'animal, les indicateurs de l'état de bien-être / mal-être peuvent être sanitaires (*e.g.* blessures), physiologiques (*e.g.* taux de cortisol), posturaux (*e.g.* position des oreilles) et/ou comportementaux (*e.g.* stéréotypies). L'état de bien-être peut être altéré lorsque les conditions de vie de l'animal entrainent un/des stress chronique(s) (Dwyer & Bornett, 2004). Quelques éléments suggèrent une réactivité à l'environnement globalement diminuée en cas de stress chronique (Broom 1991). Ainsi, des truies reproductrices confinées en stabulation

individuelle après une vie en groupe apparaissent moins réactives aux stimulations environnementales (*e.g.* jets d'eau), altération considérée comme une forme « d'apathie » (Broom, 1987). Des porcs qui subissent des chocs électriques intermittents pendant un mois réagissent tout d'abord à la situation par une agitation, suivie d'une inhibition comportementale (Jensen *et al.,* 1996). Chez le mouton, le transfert d'une pâture extérieure à une stabulation induit une période de « retrait » (*i.e.* les animaux présentent moins d'activité et consacrent plus de temps au repos) qui dure plusieurs semaines (Fordham *et al.,* 1991). Chez le chien, un stress chronique induit par une modification environnementale combinant privations sociale et spatiale provoque une diminution des comportements locomoteurs (*i.e.* marche, creusement du sol et changement d'un état locomoteur à un autre), bien que l'espace disponible permette à l'animal de réaliser ces comportements (Beerda *et al.,* 1999). L'ensemble de ces résultats suggère une forme de réactivité globalement plus faible chez certains animaux chroniquement stressés, mais les performances cognitives n'ont cependant pas encore été explorées chez des individus présentant un tel état.

Toutefois, il a été montré que des stimulations sensorielles non naturelles (*e.g.* un bruit continu) peuvent provoquer une situation de stress chronique, n'entrainant pas nécessairement une baisse de réactivité comportementale, mais pouvant altérer les capacités cognitives, dont l'attention, chez l'homme comme chez l'animal (Mendl, 1999). Dans de telles situations, une augmentation des temps de réaction ou une diminution des performances peuvent être observées lors d'une tâche d'attention sélective, qui résulteraient d'un effet de fatigue (Broadbent, 1971). Un état de bien-être altéré peut entrainer des biais de différentes fonctions cognitives comme l'attention, la mémoire et le jugement (Paul *et al.*, 2005; Mendl *et al.*, 2009). Chez l'homme par exemple, l'attention va être particulièrement allouée vers des stimuli effrayant lorsque les individus sont anxieux ou une tendance à mémoriser des évènements malheureux sera retrouvée chez des individus tristes (Mathews & MacLeod, 1994). Ces symptômes peuvent être retrouvés dans certaines pathologies comportementales chez l'homme telles que la dépression clinique (*e.g.* Mogg *et al.,* 1995) ou les troubles anxieux (Hope & Izard, 1996). Chez l'animal, plusieurs études ont utilisé des paradigmes de biais cognitifs pour évaluer l'état émotionnel des individus (*rongeurs*: Burman *et al.,* 2008; *chien*: Casey *et al.*, 2008; *abeilles*, Bateson *et al.,* 2011; *macaque rhésus*, Bethell *et al.,* 2012; *étourneaux* : Bateson, 2007; pour une revue Mendl *et al.,* 2009). Dans ces études, les animaux vivant dans des conditions de vie sous-optimales (*i.e.* restrictions spatiales, sociales et/ou

alimentaires) présentaient des biais de jugement négatifs, révélant un impact de l'état émotionnel négatif.

Impact de l'état de bien-être / mal-être chez sur les capacités cognitives chez le cheval

De par son statut particulier à la fois d'animal de rente, de sport, de loisir et de compagnie, le cheval peut être soumis aux différentes facettes des contraintes de la vie domestique susceptibles d'altérer son état de bien-être. Les chevaux présentent des modifications comportementales lorsqu'ils sont confrontés chroniquement à des conditions de vie sous-optimales (*i.e.* restriction spatiale, sociale, alimentaire). Les indicateurs de l'état de bien-être / mal-être peuvent inclure le développement de stéréotypies (Nicol *et al.,* 2002; Cooper & Albentosa, 2005; Mcgreevy *et al.,* 1995a; McGreevy *et al.,* 1995b), des modifications du budget d'activité (Benhajali *et al.,* 2008), l'apparition de comportements « redirigés » (*e.g.* jeux, Hausberger *et al.,* 2012), mais aussi à l'apparition d'une baisse de réactivité vers l'environnement (Fureix *et al.,* 2012).

Or, chez cette espèce, la présence d'indicateur de mal-être avéré tel que les stéréotypies, est liée à une diminution des performances cognitives comme les performances d'apprentissage (Hausberger *et al.,* 2007). Les auteurs suggèrent que les chevaux exprimant des stéréotypies se focalisent sur ces comportements et ne sont plus capables d'allouer leur attention vers d'autres stimuli. L'impact d'une potentielle « fatigue » (les chevaux stéréotypiques passent moins de temps au repos et dépensent de l'énergie pour effectuer leurs comportements répétés), ainsi qu'une diminution de l'intérêt/motivation des chevaux vers la tâche à apprendre pourrait aussi être impliqués dans cette altération des performances d'apprentissage (Hausberger *et al.,* 2007).

Au-delà de l'apparition de comportements anormaux comme des stéréotypies, des expériences négatives répétées avec l'homme lors de l'entrainement peuvent s'additionner aux effets des restrictions environnementales (spatiales, sociales) chez le cheval et aboutir à une forme d'apathie générale (Hall *et al.,* 2008). Les auteurs proposent la présence d' « résignation acquise » (*learned helplessness*) chez le cheval, définie comme un état psychologique où l'individu apprend qu'il n'a aucun contrôle sur les stimulations désagréables et/ou douloureuses de son environnement, que ses actions sont futiles pour échapper à ces conditions, et stoppe donc toute tentatives pour y échapper, même lorsque les conditions se modifient et pourraient finalement lui permettre d'y échapper (Overmier & Seligman, 1967). Cette impuissance acquise entraine donc une baisse de réactivité globale

vers les stimulations de l'environnement. Ce processus serait associé à des perturbations de l'état motivationnel, émotionnel et cognitif des individus, telles que la capacité à associer un comportement futur avec ses conséquences (Hall *et al.,* 2008). Burn *et al.,* (2010) ont également montré que des équidés travaillant en conditions fortement défavorables (chaleur, lourdes charges, équipement mal adapté) présentent un état d'apathie généralisé, à la fois envers l'environnement et envers l'homme. Une autre étude a décrit un état inactif chez des chevaux domestiques, dénommés « figés ». Ces chevaux adoptaient une posture atypique (*i.e.* poids vers l'avant main, horizontalité globale du corps, encolure plate) ainsi qu'une fixité du regard, de la tête, de l'encolure, et une posture d'oreille majoritairement vers l'arrière et une orientation du corps vers le mur suggérant un retrait de ces individus par rapport à leur environnement (Fureix *et al.,* 2012). Des tests comportementaux réalisés sur ces chevaux figés ont révélé de surcroit une faible réactivité à des stimuli tactiles et à l'apparition de l'homme devant les boxes, ainsi qu'une réactivité émotionnelle accrue lors d'une situation inhabituelle (*i.e.* test d'objet nouveau). Par ailleurs, l'ensemble de ces caractéristiques était associé à des taux de cortisol anormalement bas, potentiel indicateur d'un état de mal-être chronique chez l'animal (Mormède *et al.,* 2007). Ce « syndrome » ferait écho à un état dépressif chez l'homme (APA, 2013). Cette hypothèse a été appuyée par d'autres travaux récents de Fureix *et al.,* (2015) montrant que ces mêmes chevaux présentent aussi, par rapport à d'autres chevaux contrôles du même centre équestre ne présentant pas cet état figé, une forme d'anhédonie (*i.e.* « perte d'intérêt ou de plaisir », Willner *et al.,* 1992), un des symptômes caractéristique de la dépression chez l'homme (APA, 2013).

Les performances cognitives chez des animaux présentant une baisse de réactivité globale, ou une forme d'apathie n'ont pas été évaluées expérimentalement. Or, chez l'homme, de tels symptômes observés chez les patients dépressifs peuvent être associés à des déficits d'attention sélective ou de vigilance (Gotlib & Joormann, 2010).

Dans ce chapitre nous partirons des constats issus des travaux de Hausberger *et al.,* (2004) et de Lesimple *et al.,* (2011) indiquant des modifications des performances cognitives lors d'une tâche d'apprentissage instrumental en fonction des conditions de vie offertes aux chevaux. Si les performances d'apprentissage peuvent être modulées par les conditions de vie chez le cheval, on peut potentiellement aussi supposer une modification de l'attention. Par ailleurs, les performances d'apprentissage sont altérées chez des chevaux présentant des indicateurs de mal-être (*e.g.* stéréotypies : Hausberger *et al.,* 2007). L'état de bien-être / mal-être du cheval pourrait donc moduler les performances cognitives chez cette espèce. Dans ce

chapitre nous nous sommes attachés dans un premier temps à identifier les facteurs de modulation de l'attention du cheval en explorant *(i)* l'impact des conditions de vie offertes aux chevaux sur leurs caractéristiques attentionnelles (*i.e.* conditions d'hébergement, condition de travail) (**article 4**), et *(ii)* l'impact de l'état de bien-être / mal-être sur les caractéristiques attentionnelles des chevaux présentant des indicateurs de mal-être avérés (*i.e.* inactivité accrue) (**article 5**).

Synthèse de l'article 4

Questions : Le comportement général du cheval peut être influencé par différents facteurs environnementaux comme les conditions d'hébergement et la discipline d'équitation pour laquelle le cheval est entrainé. Dans quelle mesure l'attention des chevaux peut-elle être influencée par les conditions de vie offertes aux animaux ? L'attention de chevaux vivant en conditions domestiques classiques (*i.e.* restriction spatiale, sociale et alimentaire, pratique de l'équitation) peut-elle différer de celle de chevaux vivant dans des conditions plus proches des conditions de vie naturelles ?

Méthodes : Les caractéristiques attentionnelles de 62 chevaux provenant de 4 sites différents ont été mesurées à l'aide du test d'attention visuelle décrit précédemment (*cf* **Chapitre 3**) : (1) 27 chevaux ($N_{femelles}$=6 ; $N_{hongres}$=21) d'un même centre équestre, logés en boxes individuels et montés 6-10 heures par semaine ; (2) 17 chevaux ($N_{femelles}$=7 ; $N_{hongres}$=10) d'un même centre de compétition, logés en boxes individuels et montés 5-7 heures par semaine ; (3) 12 juments d'un centre de reproduction, vivant en groupes au pré et jamais montées ; (4) 6 chevaux ($N_{femelles}$=2 ; $N_{hongres}$=2 ; $N_{entiers}$=2) de « loisir », vivant en groupes au pré et montés occasionnellement. Afin de caractériser l'attention des chevaux, le temps de réaction, la durée totale et la structure de l'attention (*i.e.* nombre, durée et fragmentation des séquences) vers un stimulus visuel ont été relevés.

Résultats : La structure et la durée d'attention portée au stimulus visuel diffèrent en fonction des conditions de vie des chevaux. Les chevaux vivant en conditions plus naturalistes ne diffèrent pas entre eux, bien que les races et les sexes ne soient pas identiques entre ces deux populations. Les patterns attentionnels des chevaux de compétition diffèrent entre eux (*i.e.* CSO *vs* CCE) et se rapprochent de ceux des chevaux vivant en conditions naturalistes, alors que les chevaux vivant en centre équestre diffèrent clairement des autres populations. Ceux-ci présentent des durées totales d'attention, des séquences d'attention plus longues et moins de fragmentation de l'attention. Par ailleurs, moins de fragmentation de l'attention est reliée à un état de mal-être chez les chevaux de centre-équestre.

Conclusion : Les caractéristiques attentionnelles semblent fortement influencées par les conditions de vie offertes aux chevaux, mais aussi par les pratiques d'équitation. Ces résultats ouvrent des pistes de réflexion quant à l'impact des conditions d'hébergement (*e.g.* box, pré), des expériences habituelles (*e.g.* déplacement en compétition), de l'impact de l'équitation (*e.g.* cavalier expérimenté ou non), ou encore l'état de bien-être sur l'attention du cheval.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

Impact of life conditions on horses' attentional characteristics

Materials & Methods

1. Ethical note

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilization protocol number: 33, 12-2013-12). All Experiments complied with current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment involved only behavioural observations and non-invasive contacts with horses. Animal husbandry and care were under management of the riding school staff, the "Ecole Nationale d'Equitation" staff, the staff of the research station in Chamberet, the staff of the research station in Paimpont and a private owner.

2. Subjects

Sixty-two horses (*Equus caballus*), aged from 5 to 22 years ($\overline{X}$ ±ES= 11.0±0.6 years old) were observed in 4 different sites.

In the first site, 27 horses (6 mares and 21 geldings) from the same French riding school were observed in May 2012. They were from 5 to 20 years old ($\overline{X}$ ±ES= 12.7±0.9 years old) and 72% of the horses were French Saddlebreds. They were kept in 3 m * 3 m individual straw-bedded stalls with windows towards the outside and separated by bars, allowing no physical contacts between horses. Animals were fed commercial pellets three times a day and hay once a day. Water was provided *ad libitum*. One caretaker was responsible for all horses. Horses worked in riding lessons for 6–10 hours a week, with at least 1 rest day per week, during which they were released in group into outdoor paddocks. Riding lessons involved experienced and novice children and teenagers and were mainly related to indoors activities with mostly tight reins and controlled actions (Lesimple *et al.*, 2010). Out the 27 horses, 12 (N_{mares}=3; $N_{geldings}$=9) displayed some bad welfare state termed "withdrawn state" (Fureix *et al.*, 2012). Withdrawn state was defined in accordance with Fureix *et al.* (2012), as follows: the horse was standing motionless, with eyes open but unblinking, without ear or head movements, and displaying a stretched neck (*i.e.* obtuse jaw-neck angle) and a similar height between neck and back (*i.e.* a nape-withers–back angle of 180°). The time each horse spent being withdrawn in its stall was determined using instantaneous scan sampling (Altmann, 1974) every 2 minutes over 1h long periods, repeated daily over 15 days.

In the second site, 17 horses (7 mares, 10 geldings), aged from 7 to 12 years ($\overline{X}$ ±ES = 8.1±1.6) were tested at the Ecole Nationale d'Equitation of Saumur (France) in July 2014.

Thirteen were French Saddlebred and four were Anglo Arabian. They were all maintained in individual stables (3x3m) with no contact between horses allowed (*i.e.* plain wall between stables) in the same barn. Stable were either straw-bedded (n=12) or wood shavings-bedded (n=5) and some had windows towards the outside (n=12). Horses were fed commercial pellets automatically three times a day (7 am, 11:30 am and 5 pm) and hay twice daily (between 8 to 9 am and between 2 to 4 pm). Water was provided *ad libitum (i.e.* automatic drinker). The horses were used for either jumping (CSO, n=10) or eventing (CCE, n=7) competitions and were competing at different levels: national and international competition (n_{CSO}=4; n_{CCE}=4) or only national competition (n_{CSO}=6; n_{CCE}=3). One caretaker was responsible for a group of 8 to 10 horses, and one experienced rider for a group of 3 to 4 horses. Horses were ridden with mostly tight reins and controlled actions, daily (leading to 5 to 7 hours a week) in the morning and mostly remained in the stable in the afternoon.

In the third site, 12 horses, all non-pregnant breeding mares, aged from 5 to 17 years ($\overline{X}$ ±ES 8.9±1.1) and from Anglo-Arabian (N=10) and French Saddlebred breeds (N=2), were observed in April 2013. All horses were born and had been raised in the same breeding farm under similar management (*i.e.* the 'Station Expérimentale des Haras Nationaux' (SEHN), "Institut Français du cheval et de l'équitation (IFCE)", Chamberet, in France). They were kept in large social groups (from 15 to 30 individuals) of females in large pastures and fed grass only from June to October, and housed indoor in large stalls and fed industrial pellets twice a day and had hay *ad libitum* from November to April. They were occasionally housed in single foaling stalls (4x4m) for a limited amount of time (1-2 times per year) before and after parturition. These mares were never ridden.

In the fourth site, 6 leisure horses (2 mares, 2 geldings and 2 stallions) were observed in December 2013. They were aged from 9 and 22 years (on average 15.1±1.8), and were kept in 3 social groups in the same site, in large natural pastures with open access to artificial shelters (3x3m open stalls). They were fed grass in summer and hay *ad libitum* during winter. Water was provided *ad libitum*. They were occasionally ridden outdoors with long reins and low hands (Lesimple et al., 2012a).

3. Visual attention test (VA Test, for details, see Rochais et al., in prep)

Test settings

Horses' spontaneous visual attention was measured with a standardized circular moving visual stimulus (Ø1cm). A green light issued from a laser pointer (Laser point, PEARL®) was

projected on each horse's stall doors during 5 minutes by the same experimenter (CR). The test was performed once a day during 2 consecutive days. The procedure was as follows:

- the experimenter entered the stall, approached the animal, equipped it with a halter and a rope and then placed the horse gently in front of the stall door.
- the horse was then left unrestrained (the rope being placed over its neck) and hence free of its movements. To limit the human impact, the experimenter (CR) stood motionless in the middle of the stall, facing the stall door, on the left side of the horse and with the arms alongside the body during 2 minutes for horses' habituation to human presence in the stall.
- the light projection was then activated by the experimenter after these 2 minutes of habituation and when horse's head was directed towards the stall door.
- The experimenter expressed round, vertical and horizontal movements with the light. Animals were free of their movements.

All horses were tested in their individual usual stall. The test was videotaped and data were later transcribed.

Behavioural measures

Horses' overall attention towards the stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). Reaction time in seconds (*i.e.* time between the first movement of the stimulus and the first horse's gaze towards the stimulus) was scored and used as a measure of *attentional capture*. For subjects that did not gaze towards the stimulus during the test, a maximum reaction time of 300 seconds was assigned. Gaze was differentiated from glance as a visual fixation which lasted at least one second (Blois-Heulin, 1999). Monocular gaze was defined when horse's head was oriented less than 45° to the right or to the left with eyes towards the visual stimulus at least one second of gazing fixedly. Binocular gaze was defined when horse's head and both eyes were facing the visual stimulus, at least one second of gazing fixedly (Hughes, 1977). The end of a gaze was defined when horses' head started to move and in 65 % of case horses showed eye blinking, suggested a refocusing of attention phenomenon (Lampe & Andre, 2012; Evinger, 1995).

In order to examine the structure of attention, we scored the *number of gazing sequences* (*i.e.* number of times where horses gazed towards the stimulus during the 5-minute test), the *duration of each gazing sequence* (in seconds) and the indices of attention fragmentation corresponding to a ratio *number of gazing sequences / total duration of gazes*

within 5 minutes of test (number/seconds). The higher the indice was, the more the attention was fragmented. The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (*i.e.* sum of all duration of each gazing sequence during the 5-minute test). Within the total visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention", described in the literature as a highest level of attention (Waring, 2003). In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). Thus, the *number of fixed attention sequences*, the *duration of each fixed attention sequence (in seconds), the indices of fixed attention fragmentation* (in number/seconds), and the *total duration of fixed attention* (*i.e.* sum of each fixed attention sequence, in seconds) were measured. This behavioural pattern was different from fear reactions, and no horse showed scared behaviours (*i.e.* alert posture associated with dilated nostrils and snorting, elevation of the tail and active walk in the box, Le Scolan *et al.*, 1997; Kiley-Worthington, 1976).

4. Statistical analysis

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). Matched paired data were analysed using Wilcoxon signed-rank tests in order to compare overall attentional characteristics (*i.e.* reaction time, total duration of attention, number of attention's sequences, their duration, and their fragmentation) between the first and second day of testing. The effects of intrinsic characteristics on horses' attention were explored using Mann-Whitney U-tests for gender differences, Kruskal-Wallis ANOVAs tests for breed differences, and Spearman's correlations to explore relationships between age and attentional state. The effects of life conditions on attention characteristics were explored using Kruskal-Wallis ANOVAs tests. Pairwise Mann-Whitney U-tests with Bonferroni adjustment to keep the type I error constant (Benjamini & Hochberg, 2000) were used to compare different study site, leading to a significant threshold of $p<0.005$. The relationship between attentional characteristics in withdrawn horses and the time spent being withdrawn was explored using Spearman's correlation test. These analyses were conducted in Statistica 7.1 ©. Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

2. Horses' behaviour during the VAT

c) First day

On the first testing day, all horses gazed at least once towards the visual stimulus. All breeding mares, 2/27 of the riding school horses, 6/17 of the competition horses and 4/6 of the leisure horses exhibited at least one sequence of fixed attention. The reaction time ranged from 0.1 to 168.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=15.1±3.8s) and total duration of attention varied between 3.0 and 273.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=72.9±8.9s) with the number of attention sequences varying between 1.0 and 28.0 ($\overline{X}$ ±SE=8.1±0.7) and showing a mean duration between 0.9 and 43.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=9.4±1.2s). The indice of fragmentation varied between 0.02 and 1.1 ($\overline{X}$ ±SE=0.2±0.02 nb/s). Fixed attention duration within the 5 minutes of test varied from 0.0 to 94.5 seconds ($\overline{X}$ ±SE=19.4±3.2s), including number of fixed attention sequences from 0.0 to 22.0 ($\overline{X}$ ±SE=4.2±0.6), which ranged from 0.0 to 13.2 seconds ($\overline{X}$ ±SE=3.2±0.4s). The ratio number of fixed attention sequences/total duration of fixed attention varied between 0.0 and 1.0 ($\overline{X}$ ±SE=0.3±0.1 nb/s).

d) Changes in attention over the 2 days of testing

While the reaction times did not differ between the first and the second day of testing (Wilcoxon signed-rank t-test, $\overline{X}_{D1}$±SE= 15.1±3.4s, $\overline{X}_{D2}$±SE=38.5±11.2s, $T_{(N=62)}$=791.5, p=0.26), the total duration of both overall and fixed attention decreased from D1 to D2, suggesting some habituation (Wilcoxon signed-rank t-test, *total duration of attention*: $\overline{X}_{D1}$±SE= 72.9±8.9s, $\overline{X}_{D2}$±SE=39.1±6.0s, $T_{(N=62)}$=413, p=7.10^{-4}). The number of sequences, as well as the mean duration of sequences, decreased gradually from D1 to D2 (Wilcoxon signed-rank t-test, *number of sequences*: $\overline{X}_{D1}$±SE= 8.1±0.7, $\overline{X}_{D2}$±SE=5.4±0.5, $T_{(N=62)}$=342, p=0.0001; *mean duration of sequences*: $\overline{X}_{D1}$±SE= 9.4±1.2, $\overline{X}_{D2}$±SE=6.5±0.9, $T_{(N=62)}$=565, p=0.004). Thus, the indice of fragmentation increased over days of testing (Wilcoxon signed-rank t-test, *indice of fragmentation*: $\overline{X}_{D1}$±SE= 0.2±0.02, $\overline{X}_{D2}$±SE=0.3±0.04, $T_{(N=62)}$=600, p=0.008).

3. Horse's attention variations according to intrinsic characteristics

Gender: Gender differences in attention investigated in riding school and in leisure horses revealed no significant difference between mares and geldings (Mann-Whitney U-test, $p>0.05$ for all). The difference between stallions/geldings in leisure horses could not be statistically investigated here due to low number of subjects ($n_{stallions}=2$; $n_{geldings}=2$), but no attentional state difference was apparent between these two groups. For competition horses, gelding and mares attention did not differ on the first day of testing (Mann-Whitney U test, $p>0.05$ for all). However, on day 2, mares showed higher duration of attention (Mann-Whitney U-test, $N_{♀}= 7$, $N_{♂}=10$; $\overline{X}_{♀}$: 24.6±7.5; $\overline{X}_{♂}$: 5.4±2.3; $U= 9$; $p= 0.01$), due to higher number of sequences (Mann-Whitney U-test, $N_{♀}= 7$, $N_{♂}=10$; $\overline{X}_{♀}$: 7.0±2.0; $\overline{X}_{♂}$: 2.5±0.9; $U= 11$; $p= 0.02$) with longer sequences duration (Mann-Whitney U-test, $N_{♀}= 7$, $N_{♂}=10$; $\overline{X}_{♀}$: 3.4±0.8; $\overline{X}_{♂}$: 1.4±0.4; $U= 8$; $p= 0.01$).

Breed: Breed impact could not be statistically investigated in the riding school horses, the breeding mares and the leisure horses populations due to the vast majority of subjects being of the same breed. Within the competition horses however, breed effect was found within the CCE horses group, with Anglo Arabian horses showing higher fixed attention than French Saddlebred horses on the first day of testing (Mann-Whitney U-test, $N_{AA}=4$, $N_{SF}=3$, *total duration of fixed attention*: $\overline{X}_{AA}$: 7.2±2.8; $\overline{X}_{SF}$: 0.0±0.0; $U= 0$; $p=0.057$, *duration of sequences*: $\overline{X}_{AA}$: 2.2±0.4; $\overline{X}_{SF}$: 0.0±0.0; $U= 0$; $p= 0.057$).

Age: No relationship between attention characteristics and age was found within the 4 populations (Spearman's correlation, $p>0.05$ for all).

4. Impact of life conditions on attentional characteristics

Horses' attention clearly differed according to life conditions but also to riding activities. Riding school horses (RS) appeared different compared to breeding mares (BM) and leisure horses (LH), which did not differ (Mann-Whitney U-test, $p>0.05$ for all variables). Competition horses (CH) differed clearly from riding schools horses, but differed on some points from breeding mares and leisure horses (Fig. 1 a,b,c). Within competition horses, CSO and CCE horses differed, suggesting some riding activities impact on horses' attention.

a)

b)

c)

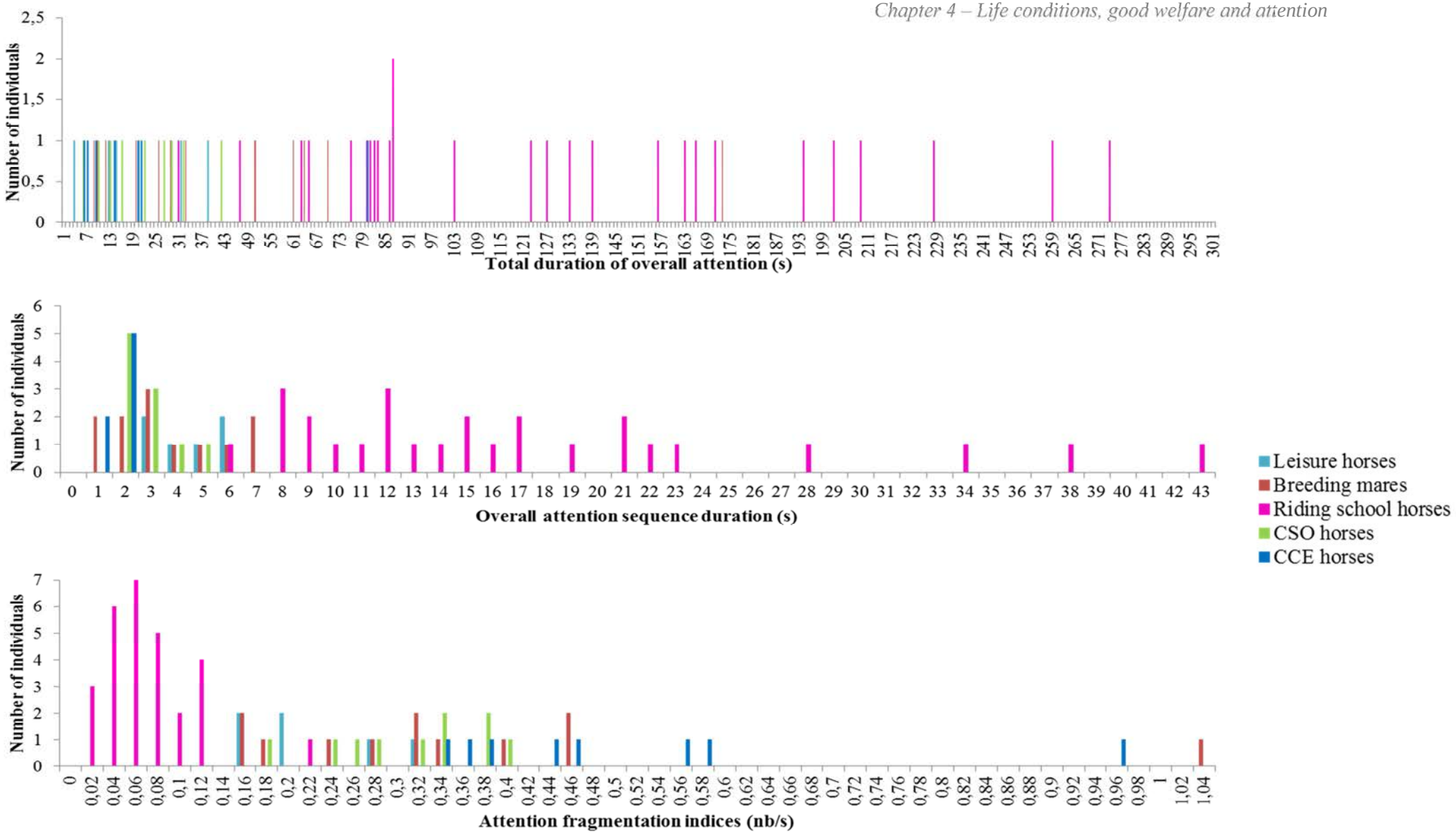


Figure 1: Variable distribution according to different populations (a) Total duration of overall attention; (b) duration of overall attention sequences (c) overall attention fragmentation scores (‘indices’ in the graph).

On the first day of testing, while no clear significant differences according to life conditions was found in reaction time (Kruskall-Wallis test, $H_{(3, N=62)}$=6.9, P=0.07) and for the number of attention sequences (Kruskall-Wallis test, $H_{(3, N=62)}$=7.8, P=0.06), all other variables differed (Kruskall-Wallis test, p<0.05 for all) (Fig. 2). RS horses showed higher total duration of overall attention (Mann-Whitney U-test, N_{LH}=6, N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, N_{RS}=27, $\overline{X}_{LH}$±SE=19.7±5.3s, $\overline{X}_{BM}$±SE=45.8±13.1s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=20.7±23.1s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=21.9±9.8s, $\overline{X}_{RS}$±SE=129.2±12.6s, P<0.005 for all) (Fig. 2a), due to longer durations of attention sequences than those in the other populations (Mann-Whitney U-test, N_{LH}=6, N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, N_{RS}=27, $\overline{X}_{LH}$±SE=4.8±0.5s, $\overline{X}_{BM}$±SE=3.7±0.6s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=3.3±0.3s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=2.3±0.2s, $\overline{X}_{RS}$±SE=22.7±2.9s, P<0.005 for all) (Fig. 2b). RS horses appeared to show less fragmentation of overall attention (Mann-Whitney U-test, *fragmentation indices*: N_{LH}=6, N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, N_{RS}=27, $\overline{X}_{LH}$±SE=0.2±0.03 number/s, $\overline{X}_{BM}$±SE=0.4±0.1 number/s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=0.3±0.02 number/s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=0.4±0.04 number/s, $\overline{X}_{RS}$±SE=0.1±0.01s, P<0.005 for all) (Fig. 2c).

CCE horses were also characterized by more fragmentation of overall attention than leisure horses (Mann-Whitney U-test, *fragmentation indices*: N_{LH}=6, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{LH}$±SE=0.2±0.03 number/s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=0.4±0.04 number/s, U= 0, P=0.001), also due to lower mean duration of attention sequences than leisure horses (Mann-Whitney U-test, N_{LH}=6, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{LH}$±SE=4.8±0.5s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=2.3±0.2s, U=0 P=0.001) (Fig. 2b). No difference was found between leisure horses and CSO horses. The same pattern was found for the second day of testing.

The same differences between RS horses and the other populations appeared for fixed attention. RS horses showed longer duration of fixed attention (Mann-Whitney U-test, N_{LH}=6, N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, N_{RS}=27, $\overline{X}_{LH}$±SE=1.4±0.7s, $\overline{X}_{BM}$±SE=12.3±4.7s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=8.1±3.3s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=4.1±2.1s, $\overline{X}_{RS}$±SE=34.7±5.6s, P<0.005 for all), due to higher durations of fixed attention sequences (Mann-Whitney U-test, N_{LH}=6, N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, N_{RS}=27, $\overline{X}_{LH}$±SE=0.8±0.4s, $\overline{X}_{BM}$±SE=1.8±0.2s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=2.2±0.7s, $\overline{X}_{CCE}$±SE=1.3±0.4s, $\overline{X}_{RS}$±SE=5.1±0.6s, P<0.005 for all). RS horses appeared to show less fragmentation of fixed attention compared to breeding mares (Mann-Whitney U-test, *fragmentation indices*: N_{BM}=12, N_{RS}=27, $\overline{X}_{BM}$±SE=0.5±0.1 number/s, $\overline{X}_{RS}$±SE=0.2±0.02s, U= 40 P=7.10^{-4}). Finally, competition horses (CSO and CCE horses) were characterized by

less fragmentation of fixed attention than breeding mares (Mann-Whitney U-test, *fragmentation indices*: N_{BM}=12, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{BM}$±SE=0.5±0.1 number/s, $\overline{X}_{CSO}$±SE=0.1±0.06 number/s, U= 14, P=0.001; $\overline{X}_{CCE}$±SE=0.1±0.06 number/s, U= 5.5, P=0.0007). The same pattern was found for the second day of testing.

5. Towards an "optimal window" of attention

Horses' attention characteristics clearly differed according to life conditions but also riding activities. This is confirmed by the absence of differences between breeding mares and leisure horses, which live in more natural life conditions and have no daily riding activities. Thus, these 2 populations could be considered as reference populations (Fureix et al., 2011; Lesimple et al., 2012a). Interesting pattern appeared when focusing on variables distribution between population: for all variables breeding mares and leisure horses showed "a medium pattern" whereas riding school horses and competition horses were at the extreme (Fig. 1). These results appeared to depend on horses' attention structure: leisure horses and breeding mare mostly showed some short (*i.e.* 1-6 seconds) attention sequences, whereas competition horses showed very short sequences and it is more homogenous in the population (*i.e.* attention sequences mostly of 2 seconds) (Table II). Riding school horses showed longer sequences (*i.e.* until 43 seconds). These thought provoking patterns of results open line of investigation about factors of attention modulation involved, suggesting a strong impact of riding activities on attention characteristics.

Table II: Coefficient of variation (%) per variable according to different populations on the first day of testing in VA test.

	Reaction time (s)	Total duration (s)	Number of sequences (nb)	Mean duration of sequences (s)	Fragmentation indices (nb/s)
Leisure horses	84.3	65.6	53.2	27.7	31.7
Breeding mares	266.1	98.9	61.3	54.5	65.0
CSO horses	141.5	54.3	46.0	27.7	22.8
CCE horses	126.5	118.1	100.8	20.9	21.1
Riding school horses	119.9	50.7	27.2	65.2	55.2

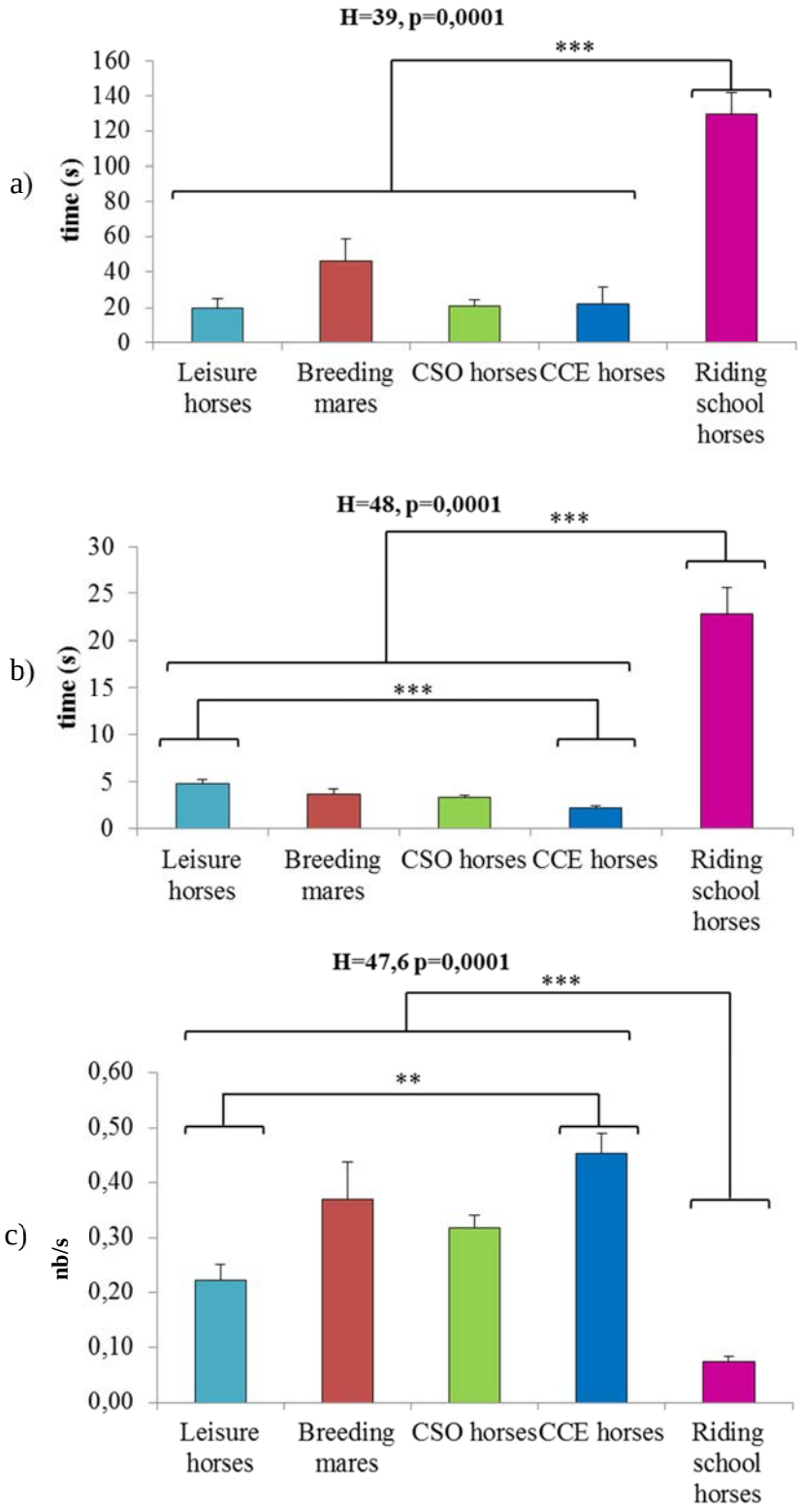


Figure 2: Overall attention towards visual stimulus on the first day of testing: a) total duration of gaze (in seconds); b) average duration of gaze's sequences (in seconds); c) indice of attention's fragmentation; Differences between leisure horses (N=6), breeding mares (N=12), competition horses (N=17), including CSO horses (N=10) and CCE horses (N=7), and riding school horses (N=27). Errors bars represent standard errors, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U-test with Bonferroni correction, ** p<0,01; ***p<0,001.

6. Attention structure: towards an indicator of welfare

Within the 27 riding school horses, 12 horses (N_{mares}=3; $N_{geldings}$=9) displayed some bad welfare state termed "withdrawn state" (Fureix *et al.*, 2012). Horses displaying withdrawn state spent between 0.11 and 3.1 percentage of scan being withdrawn. Interestingly, within withdrawn subjects, the duration of overall attention sequences tended to be positively correlated to the percentage of time being withdrawn (Spearman correlation test, N = 12, rs = 0.54, P=0.06), while a negative correlation was found between the fragmentation indices and the percentage of time being withdrawn (Spearman correlation test, N = 12, rs = -0.54, P=0.06) (Fig. 3). That is, on the second day of testing, the longer the horses spent being withdrawn, the less they showed fragmentation of attention towards the visual stimulus.

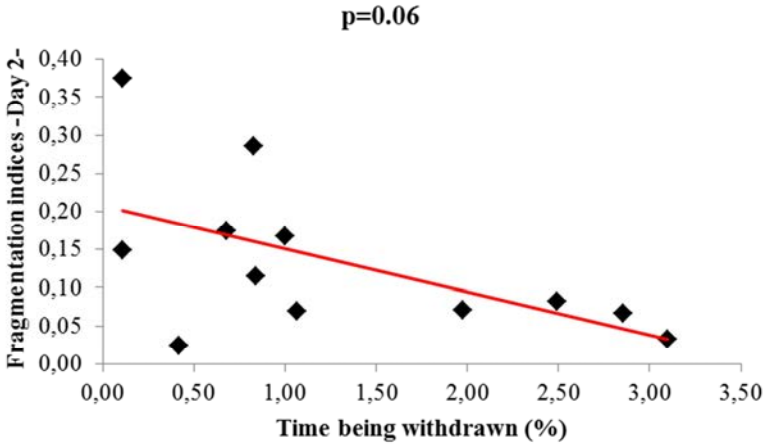


Figure 3: Correlation between **time being withdrawn (%)** and **fragmentation indices** of attention towards visual stimulus in the second day of VA test (Spearman's correlation test).

Conclusion

Regardless of the study site, all horses were attentive towards the stimulus at least once, suggesting that both the stimulus and the test setting were relevant. Some differences in attention characteristics appeared according to horses living conditions.

First, leisure horses and breeding mares did not differ on their quantity and structure of attention. Contrary to the others, these two populations were living in groups in large pasture, suggesting that housing condition impact on horses' attentional state.

Second, leisure horses, breeding mares and competition horses appeared to be very similar in their attention structure towards the stimulus, while riding school horses clearly differed from the 3 other populations. Moreover, CSO horses differed from CCE horses suggesting some riding impact on horses' attention. These results suggest that housing conditions is not the only explanation about horses' attention variations. The facility management (*e.g.* quiet *versus* noisy barn), the riding conditions (*e.g.* one experienced rider *versus* lots of different and novice riders), the relationships with humans (*e.g.* impact of the groom and/ or riders), and/or the experience of horses (*e.g.* living in naturalistic environment implies experiencing lots of environmental stimulations every days; doing some competition suggest facing lots of unfamiliar stimuli) could explain these results.

This study also opens line of investigation about horses' attention structure. Indeed, riding school horses seemed to be more attentive and during longer sequences compared to the other populations. With regards to the distribution of attention sequences duration, it appeared that an "optimal window" of attention could be identified: leisure horses and breeding mare mostly showed some short (*i.e.* 1-6 seconds) attention sequences, whereas competition horses showed very short sequences and more homogenously in the population (*i.e.* attention sequences mostly of 2 seconds) and riding school horses showed longer sequences (i.e. until 43 seconds). These patterns open line of thought about attention's factors of modulation involved, suggesting strong impact of riding activities on attention characteristics. Moreover, an indicator of poor welfare is related to higher duration of attention sequences, suggesting that attention structure is modulated by welfare state in horses.

Synthèse de l'article 5

Question : L'attention du cheval apparait être modifiée en partie par les conditions de vie offertes aux chevaux. Ces conditions de vie peuvent entrainer un état de mal-être identifié comme un facteur de modulation des capacités cognitives chez l'homme comme chez l'animal. Dans ce contexte, est-ce que des modulations de l'attention chez le cheval peuvent être un indicateur de l'état de bien-être / mal être de l'animal ?

Méthodes : Dans un premier temps, les comportements de 27 chevaux vivant en centre équestre ont été observés dans leurs conditions de vie habituelles (*i.e.* au box) *via* la méthode du scan sampling, pendant 15 jours consécutifs. Un intérêt particulier a été porté à la présence d'une posture « figée » identifiée comme un indicateur de mal-être chez le cheval (Fureix *et al.*, 2012). Cette posture était caractérisée par des séquences d'immobilité accrue, où les chevaux adoptaient une posture d'encolure plate associée à des yeux ouverts, des oreilles vers l'arrière, et par une fixité de la tête, de l'encolure, des oreilles mais aussi du regard. Dans un second temps, l'attention de ces chevaux a été testée au cours du test d'attention auditive (AA test) pendant 4 jours consécutifs. Le temps de réaction et la durée d'attention portée aux stimuli auditifs ont été utilisés en tant que mesures de l'état attentionnel des chevaux.

Résultats : Douze chevaux sur vingt-sept ont été identifiés comme « figés ». Les chevaux présentant cette posture figée au box présentaient également une absence de réaction lors du premier jour de test d'attention auditive, contrairement aux chevaux non figés (*i.e.* n'ayant jamais présenté cette posture lors des observations) vivant dans la même écurie. Par la suite, les chevaux figés ont présenté des durées d'attention plus importantes lors du deuxième jour de test par rapport au 1er jour de test, alors que les chevaux non figés ont montré une diminution de l'attention au cours du temps.

Conclusion : les chevaux « figés » ont montré des patterns d'attention vers des stimuli auditifs différents des chevaux « non figés ». Les chevaux figés semblent être « coupés » des stimulations environnementales suggérant une altération de leur état attentionnel. Ils apparaissent donc être caractérisés par une forme d'apathie et une baisse de réaction vers les stimuli environnementaux. L'ensemble de ces caractéristiques fait écho aux symptômes de la dépression chez l'homme et complète des études précédentes chez le cheval (Fureix *et al.*, 2012, 2015). Cette étude a donné lieu à la préparation d'un manuscrit sous forme de « short note ».

Manuscrit en préparation

Manuscrit in preparation

Investigating attentional processes in depression-like domestic horses, (*Equus caballus*).

Rochais C[1]., Fureix C[3,*]., Henry S[1]., Hausberger M[1,2].

[1] Université de Rennes 1, UMR CNRS 6552 -Laboratoire Ethologie Animale et Humaine-EthoS- Station biologique, 35380, Paimpont, France

[2] CNRS-Université de Rennes 1, UMR 6552 -Laboratoire Ethologie Animale et Humaine-263 avenue du général Leclerc, 35042, Rennes, France

[3]Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Guelph, ON, Canada

[*] Current address: Centre for Behavioural Biology, Department of Clinical Veterinary Science, University of Bristol, Langford House, Langford BS40 5DU, UK

1. Introduction

Some captive animals' responses to confinement is becoming inactive and unresponsive to external stimuli (Fuchs & Flügge, 2002). Research in non-human primates has revealed profound inactivity and slumped or "collapsed" body postures in subjects that are socially stressed (*e.g.* by disrupted parental bonds, social isolation) (Harlow & Harlow, 1962; Shively *et al.*, 2005; Camus *et al.*, 2013a. Such inactivity has also been reported in many lab/farmed species experiencing inappropriate life conditions (*e.g.* fur-farmed mink; tethered sows; confined sheep; caged dogs; Cronin, 1985, Hausberger *et al.*, in press), in ill and aging equids working in the developing countries (Burn *et al.*, 2010) and in certain riding horses (Fureix *et al.*, 2012). Such inactivity in humans has been shown to be one of the behavioural markers of clinical depression (APA, 2013). This mental disorder is a complex heterogeneous syndrome diagnosed by co-occurrence of a variety of affective, cognitive and behavioural symptoms (APA, 2013) among which deficit in selective (*i.e.* ability to focus perception of one stimulus while filtering out other simultaneous stimuli, Posner *et al.*, 1980) and sustained attention (*i.e.* ability to maintain a consistent behavioural response during continuous and repetitive activity, Sohlberg & Mateer, 2001; Paelecke-Haberman *et al.*, 2005), as well as lower reaction towards sensory auditory stimuli (Kemp *et al.*, 2010). Horses are an especially interesting model as most reports of impaired welfare (Burn *et al.*, 2010; Pritchard *et al.*, 2005) or pain (Ashley *et al.*, 2005; Lesimple *et al*, in press) indicate the presence of unresponsive horses to environmental stimuli. Only recently a "withdrawn syndrome" has been more precisely described (Fureix *et al.*, 2012). Withdrawn bouts correspond to sequences of immobility where the horse, with a flat neck, remains motionless with eyes open, backward ears, no neck, head, ear movement and very rare eye blinking. These animals react little to human approach or tactile stimulation. They also express anhedonia (*i.e* the loss of interest or pleasure; Willner *et al.*, 1992) by consuming less sucrose than controls from the same stable (Fureix *et al.*, 2015), which reinforces the parallel with clinical depression in humans. Here we tested further the hypothesis that "withdrawn" horses experience a depressive-like state by submitting domestic horses to the repetition of startling auditory stimuli in order to test their reaction time and duration of attention. Twenty-seven horses including twelve horses expressing a withdrawn state were submitted to unusual auditory stimulations over four days in order to test potential impaired reaction and attention.

2. Materials and Methods

2.1.Ethical note

This study complied with French laws related to animal experimentation and the European directive 86/609/CEE. Horse husbandry and care were under management of the riding school: the horses used in this experiment were not research animals.

2.2.Subjects

Twenty-seven horses (N_{mares}=6; $N_{geldings}$=21; aged 5-20 years, $\overline{X}$ ±SE=12.7±0.9, 77% French Saddlebred) from the same riding school were observed in June 2012. The horses were kept in an indoor stable in 3 m * 3 m individual straw-bedded stalls. Horses worked in riding lessons for 6–10 hours a week with two rest days (all details in Hausberger *et al.*, 2012). The time each horse spent being withdrawn in its stall was determined using instantaneous scan sampling (Altmann, 1974) every 2 minutes over 1h long periods, repeated daily at different times of day (from 6:00 a.m. to 9:00 p.m.) over 15 days. The average number of total scans obtained per subject was 907 ± 11.14. Out the 27 horses, 12 (N_{mares}=3; $N_{geldings}$=9) displayed this withdrawn state at least once (termed "withdrawn horses" hereafter).

2.3.Test settings

Five stimuli (different frequencies), all initially novel to horses, were pseudo-randomly broadcasted within the stable: three heterospecific species vocalizations (baboon, barnacle goose and blue whale), one vocalization from an unfamiliar conspecific and one non-biological sound (piano). Horses were exposed by groups of 4-6 neighbouring stalls, as in Noble *et al.,* (2013), to one of the five auditory stimuli, which differed for each group within a same day and was broadcasted at equal distance (*i.e.* 2m) from the loudspeaker (Nagra Kudelski paudex HP monitor®) for 3 seconds at 80db, always between 1p.m and 2p.m. and over 4 consecutive days. Time interval between playbacks between groups was on average 9.0±0.5 minutes. Non-withdrawn and withdrawn horses were balanced in 1 to 5 different groups. Group observation method was chosen because of the living conditions: it was not possible to isolate subjects and to observe all 27 horses simultaneously in the barn.

2.4.Behavioural measurements

Tests were videotaped (Sony HDR-XR105®). Standard measures of attentional state were extracted from videos using continuous focal sampling (Altmann, 1974). We measured the presence or absence of reaction as a measure of attentional capture, and the total duration of attention until 5 minutes after stimulus broadcast as a measure of attention. Horses' reaction was defined as a change in behaviour (*i.e.* interruption of the ongoing activity) after stimulus broadcasting and characterized by any body movement (*i.e.* ears, head, neck or all body movement). Horses' attention was defined as a motionless orientation towards the stimulus (*i.e.* eyes, ears, head or neck motionless towards the loudspeaker without body movement) (Waring, 2003; Basile *et al.,* 2009). Reaction time and duration of attention were noted. One non-withdrawn and 2 withdrawn horses were clearly scared by the stimuli (*i.e.* vigilance posture associated with dilated nostrils and snorting, elevation of the tail and active walking in the box, (Wolff *et al.,* 1997; Kiley-Worthington, 1976). For safety reasons they were excluded from further testing, yielding 24 tested horses.

2.5.Statistical analyses

Because data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel and Castellan, 1988). Proportion of reactive *versus* non-reactive horses according to the day of testing was evaluated with Fisher's exact test and Chi squared tests. Matched paired data Friedman tests compared duration of sustained attention along the days of testing. Multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank t-tests with FDR correction ("False discovery rate", Benjamini and Hochberg, 2000) were then used to identify day impact. Mann-Whitney U-tests were used to compare the non-withdrawn (NW) and withdrawn (W) horses in terms of duration of attention according to the day of testing. Difference in reaction or sustained attention appeared neither according to sex (Mann-Whitney U-test, U= from 21.5 to 60; p = 0.075 to 0.83) nor to the nature of stimulus (Friedman test, F= from 1.3 to 7.2; p = 0.13 to 0.86). Analyses were conducted using R software (accepted two-tailed p level at 0.05; R Development Core Team, 2011). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

3. +Results

3.1.Reaction and attention on the first day of testing

The proportion of reactive horses was highest for the NW (93%) compared to the W horses (50%) (Fisher exact Test, P=0.02) (Fig. 1). Reaction time varied from 0.41 to 4.48 seconds ($\overline{X}$ =1.8±0.2 seconds), with no difference between NW and W horses (Mann-Whitney U-test: N_{NW}= 14, N_W= 10, $\overline{X}_{NW}$ = 2.0 ± 0.2s, $\overline{X}_W$ = 1.2 ± 0.2s; U = 28, P= 0.27).

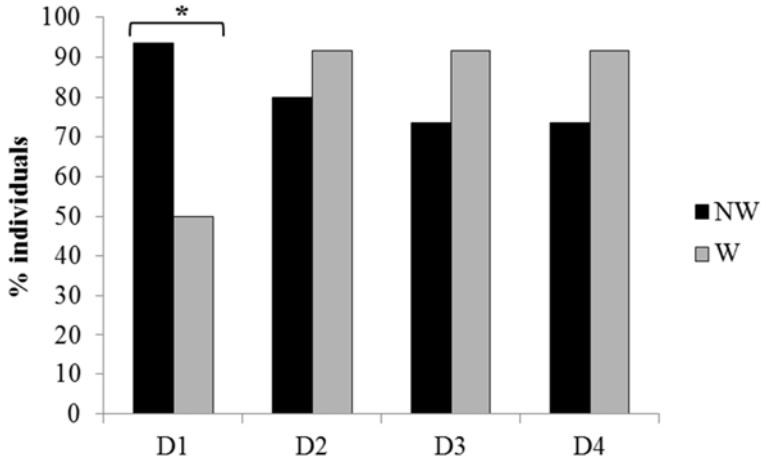


Figure 1: Proportion of reactive horses towards auditory stimuli in withdrawn (observed displaying at least one withdrawn bout, W) and non-withdrawn (never being observed displaying a withdrawn bout - NW) horses over 4 days of testing. (Fisher exact test * P<0.05).

Subjects which did not react did not show attention towards auditory stimuli. For those who reacted, the duration of sustained attention varied between individuals (1.0 to 10.8 seconds, $\overline{X}$ =4.2±0.7) and was longer in NW horses than in W horses (Mann–Whitney U-test: N_{NW}= 14, N_W= 10, $\overline{X}_{NW}$ = 5.6 ± 0.8s, $\overline{X}_W$ = 2.4 ± 1.1s; U = 38, P= 0.01) (Fig. 2).

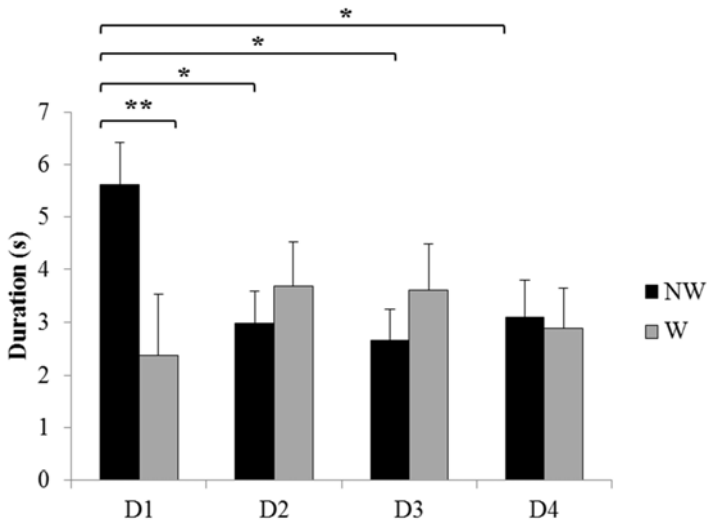


Figure 2: Duration of sustained attention towards auditory stimuli in withdrawn (W) and non-withdrawn (NW) horses over 4 days of testing (Friedman and Wilcoxon tests; Mann-Whitney U test, ** P<0.01, * P<0.05).

3.2.Changes over time in response to auditory stimuli

While all horses showed attention towards the auditory stimuli at least once, the two categories of horses however differed in their pattern of response over successive days. The proportion of reactive horses raised considerably on day 2 (X^2=10.5 p=0.0002) for the W horses and remained high throughout the experiment, contrary to the NW horses (Fig. 1). The duration of attention decreased for the NW horses on day 2 as compared to day 1 (Friedman test $_{(N=14, df=4)}$=12.4 p=0.01; Wilcoxon signed-rank test $\overline{X}_{D1}$ = 5.6±10.8s, $\overline{X}_{D2}$ = 2.9±0.6s, $\overline{X}_{D3}$ = 3.1±10.7, $\overline{X}_{D4}$ = 3.7±0.5, p<0.05 for all), while it did not change significantly for W horses (Friedman test $_{(N=10, df=4)}$=1.3 p=0.85) (Fig. 2).

4. Discussion

Playback of unfamiliar auditory stimuli induced reactions in non-withdrawn horses but in only half of the withdrawn horses on the first day. Thus, non-withdrawn horses showed higher duration of attention compared to withdrawn horses on the first day. Duration of attention over the successive days then decreased for non-withdrawn horses, while remaining stable over days for withdrawn horses. Moreover, the number of reactive withdrawn horses increased on the second day of testing.

On the first day of testing, withdrawn horses seemed to have "switched off" from auditory stimuli compared to non-withdrawn horses. This result is in accordance with Fureix *et al.*, (2012)'s study, showing lower overall reactions towards environmental and tactile stimuli in withdrawn horses. Novelty effect of stimuli leads to highlight strong differences between NW and W horses. This "switch off" might reflect a lack of attention towards unusual stimuli in withdrawn horses. In humans, several hypothesis have been proposed to explain lowered attention in depressed patients: 1) self-focused attention (Smith *et al.*, 1985; Smith & Greenberg, 1981) where individuals allocate attention inward (*i.e.* toward themselves, their thoughts, and their feelings) as opposed to outward toward their environment (Smith *et al.*, 1985); and 2) resource allocation hypothesis, that postulates that because depressed patients' cognitive capacity is reduced, individuals have deficits in remembering and in engaging in other effortful cognitive processes (Ellis & Ashbrook, 1988, cited by Gotlib & Joormann, 2010). In this study, both may be involved. The lack of eye blinking and the backward ear postures showed by Fureix *et al.*, (2012) argue in favour of inward oriented attention rather than having sensory organs oriented towards the environment which is also confirmed during broadcast of novel auditory stimuli. Meanwhile, horses with impaired welfare may be less performant in cognitive tasks (Hausberger *et al.*, 2007). Both processes are not exclusive and therefore may be involved here. A complex pattern was observed over days, with more withdrawn horses reacting from the second day and this proportion remaining constant, while a reverse pattern tended to be observed for the non-withdrawn horses. Withdrawn horses appeared to need more time to be attentive towards stimuli, pointing a difficulty in differentiating novel or relevant stimuli in the environment, which is also a common feature with human depressed patients (Kemp *et al.*, 2010).

This study reveals that a "withdrawn state" in horse appeared to be a multifaceted syndrome including apathy and a lowered reactivity towards environmental stimuli suggesting attentional impairments and echoing depressive-like syndrome in humans. However, further researches on withdrawn horses' attentional processes are needed, such as exploring negative biases in attention, one of the cognitive symptoms that could be found in clinically depressed humans (Beck, 1967; Mogg *et al.*, 1995; MacLeod & Byrne, 1996; Gotlib & Krasnoperova, 1998). Moreover, testing different forms of attention such as selective attention using distractors broadcasting paradigms could allow testing further the hypothesis that "withdrawn" horses experience a depressive-like state.

Acknowledgments

We would like to thank the managers of the riding school for allowing us to work with their horses and all staff for their help and cooperation. The authors are grateful to Ann Cloarec for correcting the English of this manuscript. This work was supported by a Fyssen foundation postdoctoral fellowship (to CF), a grant from the French Canada Research Fund, a grant from the French Research Minister (to CR) and a grant from the Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE). The funders had no role in the study design, data collection and analysis, decision to publish or preparation of the manuscript. The authors report no conflicts of interest.

References

Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. Behaviour 49, 227–266. doi:10.1163/156853974X00534.

APA, A. P. (2013). The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition.: DSM 5. bookpointUS.

Ashley, F. H., Waterman-Pearson, A. E., and Whay, H. R. (2005). Behavioural assessment of pain in horses and donkeys: application to clinical practice and future studies. Equine Vet. J. 37, 565–575. doi:10.2746/042516405775314826.

Benjamini, Y., and Hochberg, Y. (2000). On the Adaptive Control of the False Discovery Rate in Multiple Testing With Independent Statistics. J. Educ. Behav. Stat. 25, 60–83. doi:10.3102/10769986025001060.

Burn, C. C., Dennison, T. L., and Whay, H. R. (2010). Relationships between behaviour and health in working horses, donkeys, and mules in developing countries. Appl. Anim. Behav. Sci. 126, 109–118. doi:10.1016/j.applanim.2010.06.007.

Camus, S. M. J., Blois-Heulin, C., Li, Q., Hausberger, M., and Bezard, E. (2013). Behavioural Profiles in Captive-Bred Cynomolgus Macaques: Towards Monkey Models of Mental Disorders? PLoS ONE 8, e62141. doi:10.1371/journal.pone.0062141.

Fuchs, E., and Flügge, G. (2002). Social stress in tree shrews: Effects on physiology, brain function, and behavior of subordinate individuals. Pharmacol. Biochem. Behav. 73, 247–258. doi:10.1016/S0091-3057(02)00795-5.

Fureix, C., Beaulieu, C., Argaud, S., Rochais, C., Quinton, M., Henry, S., Hausberger, M., and Mason, G. (2015). Investigating anhedonia in a non-conventional species: Do some riding horses Equus caballus display symptoms of depression? Appl. Anim. Behav. Sci. 162, 26–36. doi:10.1016/j.applanim.2014.11.007.

Fureix, C., Jego, P., Henry, S., Lansade, L., and Hausberger, M. (2012). Towards an Ethological Animal Model of Depression? A Study on Horses. PLoS ONE 7, e39280. doi:10.1371/journal.pone.0039280.

Gotlib, I. H., and Joormann, J. (2010). Cognition and Depression: Current Status and Future Directions. Annu. Rev. Clin. Psychol. 6, 285–312. doi:10.1146/annurev.clinpsy.121208.131305.

Harlow, H. F., and Harlow, M. (1962). Social deprivation in monkeys. Sci. Am. 207, 136–146.

Hausberger, M., Fureix, C., Bourjade, M., Wessel-Robert, S., and Richard-Yris, M.-A. (2012). On the significance of adult play: what does social play tell us about adult horse welfare? Naturwissenschaften 99, 291–302. doi:10.1007/s00114-012-0902-8.

Hausberger, M., Gautier, E., Müller, C., and Jego, P. (2007). Lower learning abilities in stereotypic horses. Appl. Anim. Behav. Sci. 107, 299–306. doi:10.1016/j.applanim.2006.10.003.

Kemp, A. H., Pe Benito, L., Quintana, D. S., Clark, C. R., McFarlane, A., Mayur, P., Harris, A., Boyce, P., and Williams, L. M. (2010). Impact of depression heterogeneity on attention: An auditory oddball event related potential study. J. Affect. Disord. 123, 202–207. doi:10.1016/j.jad.2009.08.010.

Mogg, K., Bradley, B. P., and Williams, R. (1995). Attentional bias in anxiety and depression: The role of awareness. Br. J. Clin. Psychol. 34, 17–36. doi:10.1111/j.2044-8260.1995.tb01434.x.

Noble, G. K., Blackshaw, K. L., Cowling, A., Harris, P. A., and Sillence, M. N. (2013). An objective measure of reactive behaviour in horses. Appl. Anim. Behav. Sci. 144, 121–129. doi:10.1016/j.applanim.2012.12.009.

Posner, M. I., Snyder, C. R., and Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. J. Exp. Psychol. Gen. 109, 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160.

Pritchard, J. C., Lindberg, A. C., Main, D. C. J., and Whay, H. R. (2005). Assessment of the welfare of working horses, mules and donkeys, using health and behaviour parameters. Prev. Vet. Med. 69, 265–283. doi:10.1016/j.prevetmed.2005.02.002.

Schelde, J. T. M. M. S. (1998). Major Depression: Behavioral Markers of Depression and Recovery. J. Nerv. 186, 133–140.

Shively, C. A., Register, T. C., Friedman, D. P., Morgan, T. M., Thompson, J., and Lanier, T. (2005). Social stress-associated depression in adult female cynomolgus monkeys (Macaca fascicularis). Biol. Psychol. 69, 67–84. doi:10.1016/j.biopsycho.2004.11.006.

Siegel, S., and Castellan, N. J. (1988). Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York: McGraw-Hill.

Smith, D. T. W., Ingram, R. E., and Roth, D. L. (1985). Self-focused attention and depression: Self-evaluation, affect, and life stress. Motiv. Emot. 9, 381–389. doi:10.1007/BF00992207.

Smith, T. W., and Greenberg, J. (1981). Depression and self-focused attention. Motiv. Emot. 5, 323–331. doi:10.1007/BF00992551.

Sohlberg, M. M., and Mateer, C. A. (2001). Improving Attention and Managing Attentional Problems. Ann. N. Y. Acad. Sci. 931, 359–375. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb05790.x.

Willner, P., Muscat, R., and Papp, M. (1992). Chronic mild stress-induced anhedonia: A realistic animal model of depression. Neurosci. Biobehav. Rev. 16, 525–534. doi:10.1016/S0149-7634(05)80194-0.

Wolff, A., Hausberger, M., and Le Scolan, N. (1997). Experimental tests to assess emotionality in horses. Behav. Processes 40, 209–221. doi:10.1016/S0376-6357(97)00784-5.

Discussion

Les résultats obtenus au cours de ces deux études soulignent l'existence de facteurs de modulation de l'attention d'ordre extrinsèques (*i.e.* conditions de vie) et intrinsèques (*i.e.* état de bien-être / mal-être). Les conditions de vie offertes aux chevaux semblent avoir un impact sur la durée, la forme et la structure de l'attention du cheval, suggérant une influence des conditions d'hébergement mais aussi des pratiques d'équitation (**article 4**). Ces conditions de vie imposent des contraintes sur l'expression des comportements propres à l'espèce et peuvent entrainer une altération de l'état de bien-être des individus (Broom, 1991). L'altération de l'état de bien-être peut s'exprimer par une forme d'apathie générale. Les chevaux présentant ce pattern comportemental ont montré 1) une modification de leur structure d'attention par rapport aux chevaux non-apathiques lors du VA test ; 2) un déficit attentionnel vers des stimuli auditifs en condition expérimentales, faisant écho à un des symptômes de dépression clinique chez l'homme (**article 5**). L'ensemble de ces résultats suggère que l'attention pourrait être un indicateur pertinent pour évaluer l'état de bien-être / mal-être chez l'animal.

Impact des conditions de vie sur les caractéristiques attentionnelles lors du VA test

Les caractéristiques attentionnelles (*i.e.* durée et structure) des populations vivant dans des conditions domestiques classiques (*i.e.* restrictions spatiale, sociale et alimentaire, pratique de l'équitation) semblent différer de celles de populations évoluant dans des **environnements semi-naturels** (*i.e.* vie en groupe au pré). Dans ce dernier cas, les chevaux ne différaient pas entre eux malgré des disparités de races et de sexes. En conditions semi-naturelles, les chevaux peuvent être confrontés à des stimulations environnementales variées et nombreuses (Waring, 2003). Ainsi, ils peuvent être amenés à changer de direction d'attention rapidement et fréquemment. La vie en groupe social nécessite aussi d'être attentif aux autres membres du groupe et à leurs actions (Scheid *et al.*, 2007). Chez le cheval, la communication sociale se base majoritairement sur l'expression de signaux visuels pouvant être subtils et rapides (*e.g.* variation de l'expression faciale, mouvement succinct des oreilles) (Waring, 2003), impliquant une attention sélective des individus vers ces signaux. La vie en conditions semi-naturelles a potentiellement permis de maintenir une structure de l'attention s'articulant autour de séquences fréquentes et courtes pour mieux « surveiller » l'environnement physique et social.

Les chevaux de **centre-équestre** présentaient des durées de séquences d'attention plus longues que les autres chevaux et par conséquent avaient des durées totales d'attention plus importantes. Une première explication de ces résultats pourrait être que les chevaux de centre-équestre sont plus attentifs que les autres. Ces chevaux étant sollicités quotidiennement lors de séances d'équitation ou lors de simples interactions avec l'homme, ils se retrouveraient fréquemment confrontés à des tâches d'apprentissage différentes de celles retrouvées à l'état naturel sollicitant leur capacités attentionnelles (Hanggi, 2005). La stimulation quotidienne de ces capacités cognitives permettrait leur amélioration (Hertzog *et al.*, 2008).

Cependant, la vie en centre-équestre implique des restrictions environnementales identifiées comme des facteurs de modulation de performances cognitives, telles que les performances d'apprentissage (Hausberger *et al.*, 2004; Lesimple *et al.*, 2011). Une autre explication pourrait donc être que les conditions de vie en centre-équestre ne permettent pas d'avoir des stimulations environnementales « normales », entrainant des patterns attentionnels différents. En centre-équestre, les chevaux sont logés en boxes et principalement montés en manège, ce qui limite l'accès aux stimulations environnementales. Le fait d'avoir une stimulation nouvelle dans leur box peut entrainer une attention plus importante sous tendue par les caractéristiques néophiles / néophobes des individus (Day *et al.*, 2003). Le peu de stimulations sensorielles nouvelles chez les chevaux de centre-équestre pourrait perturber le contrôle inhibiteur de l'attention sélective, donnant lieu à des patterns comportementaux atypiques comme une hyperactivité en réponse à des stimuli nouveaux et une tendance à la persévération (Schrijver & Würbel, 2001). Ces perturbations seraient dues à une altération des capacités à filtrer les informations sensorielles (Würbel, 2001). A l'état naturel, si un stimulus environnemental ne présente pas de danger ou d'intérêt particulier, le cheval va brièvement être attentif au stimulus puis retourner à son activité précédente (Waring, 2003). Les chevaux ont donc une capacité à filtrer les stimulations sensorielles pertinentes ou non pour l'individu, qui pourrait être modifiée par les conditions de vie domestiques.

Cependant, les caractéristiques attentionnelles des chevaux de centre-équestre se distinguaient de celles des chevaux de compétition qui pourtant vivaient dans des conditions similaires (*i.e.* restrictions spatiales, sociales, pratique de l'équitation). Les caractéristiques attentionnelles des chevaux de compétition étaient caractérisées par des séquences d'attention très courtes et nombreuses, et donc une attention plus fragmentée. Ces résultats suggèrent un **impact de l'équitation** sur les caractéristiques attentionnelles. En effet, les chevaux de centre-équestre étaient impliqués dans des séances d'équitation pour des enfants / adolescents

et étaient confrontés à une multitude de cavaliers de différents niveaux d'équitation. Les chevaux de compétition étaient entrainés quotidiennement pour leur discipline de compétition respective (*i.e.* CSO ou CCE), et ce par un seul cavalier expérimenté. On peut supposer que l'entrainement à la compétition suggère des stimulations du cavalier très précises, nécessitant une allocation de l'attention et une capacité à changer d'orientation de l'attention rapide. De plus, le fait de n'avoir qu'un seul cavalier permet l'élaboration d'une relation avec le cheval, et deux individus partageant une relation auront, sur la base de leurs expériences passées, des attentes (pouvant impliquer des processus attentionnels) à propos des réponses de l'autre protagoniste (Hinde, 1979). Outre les expériences de l'entrainement, les expériences dues aux compétitions peuvent potentiellement moduler les caractéristiques attentionnelles du cheval. Les chevaux de compétition sont confrontés à de nombreux stimuli, que ce soit lors du transport ou lors des compétitions *per se*. Par exemple, les chevaux de compétition sont régulièrement confrontés à de nouveaux endroits, les compétitions sont effectuées en plein air et en présence du public, impliquant ainsi de nombreuses stimulations et donc la nécessité d'être attentif aux stimuli environnementaux et à ceux provenant du cavalier. Ainsi, les chevaux doivent être capables de filtrer les stimuli pertinents des stimuli non pertinents. L'ensemble de ces caractéristiques laisse donc penser que l'équitation serait un facteur de modulation de l'attention prédominant chez le cheval.

Par ailleurs, des différences de pattern attentionnel ont été identifiées entre les chevaux de compétition de saut d'obstacle (CSO) et les chevaux de concours complet (CCE). Les chevaux de CCE ont une structure de l'attention plus fragmentée que les chevaux de CSO. Ces résultats confirment l'impact de la **discipline d'équitation** sur le comportement du cheval en dehors d'une situation de travail (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). Une explication possible pourrait être d'une part que les chevaux de CCE seraient confrontés à plus de stimuli environnementaux (lors de l'épreuve de cross, le terrain et les obstacles sont plus variés) et donc plus enclins à allouer et changer d'orientation d'attention rapidement. Par ailleurs, lors des épreuves de cross, les chevaux sont confrontés à des obstacles difficiles et différents, demandant une adaptation et une flexibilité de la part du cheval. Les chevaux doivent être attentifs envers l'environnement, et avoir une alternance de regards vers l'obstacle pour mieux le caractériser. D' autre part, le concours complet comprend des épreuves de saut d'obstacle, de dressage et de cross, impliquant un entrainement précis pour chaque discipline, nécessitant aussi des capacités à changer d'orientation d'attention rapidement. L'équitation pourrait donc être un facteur de modulation de l'attention du cheval au vu des différences de

caractéristiques attentionnelles entre disciplines. De plus, une homogénéité très marquée de la structure d'attention a été retrouvée chez les chevaux de concours complet. Ces chevaux expriment tous des séquences d'attention d'une durée très courte, renforçant l'effet de la discipline pour laquelle les chevaux sont entrainés même hors d'un contexte d'équitation. Néanmoins, à ce stade nous ne pouvons pas distinguer les effets du travail de ceux de la sélection éventuelle des chevaux pour ce travail (Hausberger *et al.*, 2004). Les chevaux ayant initialement des capacités à changer d'orientation d'attention rapidement auraient pu être sélectionnés pour effectuer une discipline comme le concours complet, nécessitant ces caractéristiques attentionnelles.

Outre l'impact de l'équitation, il est envisageable que la **gestion des écuries** puisse avoir une influence sur le comportement général du cheval, et potentiellement sur ses capacités cognitives telles que l'attention. La distribution d'aliments concentrés était similaire entre les chevaux de centre-équestre et les chevaux de compétition, cependant l'accès au fourrage différait : les chevaux de centre équestre recevaient leur ration de foin une fois par jour en début d'après-midi, alors que les chevaux de compétition recevaient leur foin le matin et le soir. Or, la simple présence de fourrage de manière « continue » permet des modifications comportementales majeures chez le cheval, telle que l'apparition de comportements sociaux positifs si l'environnement le permet (*e.g.* toilettage mutuel) ou des comportements « de confort » (*e.g.* repos couché) et ainsi l'amélioration de l'état de bien-être des chevaux (Benhajali *et al.*, 2009). L'activité dans les écuries pourrait aussi être un potentiel facteur de modulation de l'attention. Pour les chevaux de compétition, une forte activité humaine était présente le matin (nettoyage des boxes, cavaliers venant monter les chevaux) alors que l'après-midi et le soir, les écuries étaient calmes. Pour les chevaux de centre-équestre, l'activité était continue toute la journée (vas-et-vient des cavaliers, nettoyage des boxes). Les seules périodes de calme se trouvaient entre 12h30 et 13h30 et le soir. Certaines études chez l'animal ont identifié des modifications comportementales dues au bruit quotidien (*e.g.* bruit du chauffage) dans une animalerie de rongeurs par exemple (Sales *et al.*, 1988), ou dues au passage de visiteurs dans un parc animalier (Birke, 2002). Des stimulations sensorielles non naturelles et continues, telles que celles rencontrées par les chevaux de centre-équestre, pourraient potentiellement provoquer une situation de stress chronique connue pour altérer les capacités cognitives, dont l'attention, chez l'homme comme chez l'animal (Mendl, 1999).

Différentes facettes des conditions de vie (*i.e.* condition d'hébergement, vie sociale, pratique d'équitation, expériences dues à l'équitation, discipline d'équitation, gestion des écuries) pourraient donc expliquer les variations de caractéristiques attentionnelles observées entre nos populations. Ces variations ont permis d'identifier une « **fenêtre** » **d'attention** potentiellement **optimale** (Fig. 1). Les chevaux vivant dans des contions naturalistes et les chevaux de compétition exprimaient des séquences d'attention courtes et fréquentes (*i.e.* fragmentation de l'attention) par rapport aux chevaux de centre-équestre. Or, il apparait que l'expression d'une attention fragmentée lors du VA test est associée à de meilleures performances dans d'autres contextes expérimentaux (*i.e.* meilleures performances d'apprentissage et d'attention lors du 5CSRTT, *cf* **chapitre 3**) et en contexte de travail (*i.e.* moins de faux départs lors d'une tâche de longe *cf* **chapitre 3**, meilleures indices de performances en compétition pour les chevaux de concours complet *cf* **chapitre 5**). De plus, chez les chevaux de centre-équestre, l'expression de séquences d'attention longues lors du VA test est associée à plus de temps passé dans un état « figé » au box, état identifié comme un indicateur de mal-être (*cf* **article 4**). Une fenêtre d'attention optimale pourrait donc émerger de ces résultats : ne pas être attentif ou être « trop » longtemps attentif correspondrait respectivement à un déficit d'attention (Wallis *et al.*, 2014) ou à une difficulté pour filtrer les informations non pertinentes de l'environnement (Würbel, 2001) (Fig. 1). Se baser sur une fenêtre optimale d'attention peut permettre de caractériser les patterns attentionnels hors de cette fenêtre (« les extrêmes ») et ainsi identifier des facteurs de modulation de l'attention. Dans notre étude, les conditions de vie, sous-tendues par un état de bien-être altéré, peuvent expliquer le pattern attentionnel retrouvé chez les chevaux de centre-équestre. Le travail, sous tendu par la pratique d'une discipline d'équitation particulière, peut être relié au pattern attentionnel très homogène chez les chevaux de compétition.

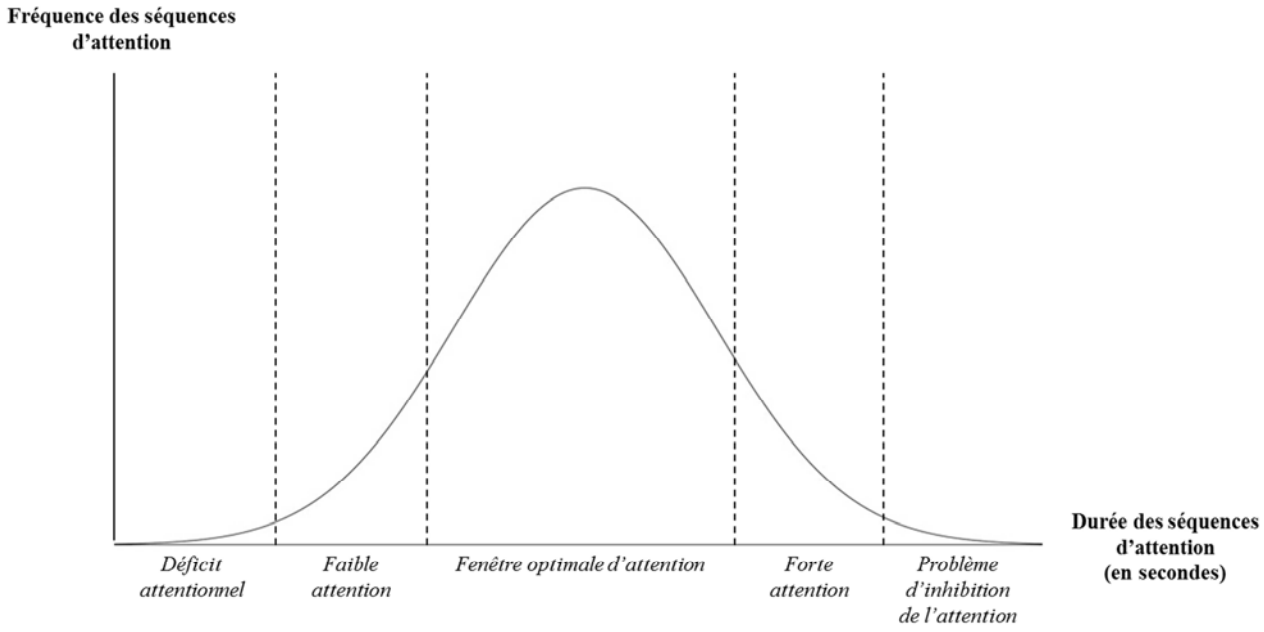


Figure1 : *Répartition* ***théorique*** *des patterns attentionnels en fonction des durées de séquences d'attention.*

Impact de l'état de bien-être / mal-être sur les caractéristiques attentionnelles

Au sein des chevaux de centre-équestre, certains individus (N=12, 44% de la population) ont été identifiés comme « figés » : ayant présenté au moins une fois une posture atypique accompagnée d'une immobilité accrue (Fureix *et al.,* 2012). Au sein de ce pattern comportemental identifié au box, la fixité du regard sans aucun mouvement des yeux pouvait durer de 17 à 97 secondes (médiane=27.9) chez les chevaux figés. Une comparaison avec des chevaux vivant en conditions naturalistes a montré que les regards vers des stimuli environnementaux avaient des durées médianes de 15.3 secondes (Fureix *et al.,* 2012). Les résultats obtenus lors du **VA test** montrent aussi que les chevaux « les plus figés » (*i.e.* ayant un pourcentage de temps plus important passé dans cet état) présentent des séquences d'attention plus longues. Les chevaux « figés » dans leurs conditions de vie habituelles seraient aussi « figés » dans un contexte expérimental. Ces résultats peuvent nous donner des pistes de réflexion quant à la présence d'une fenêtre optimale d'attention, les durées de regard supérieures à cette fenêtre pourraient indiquer une modulation de l'attention sous tendue par un état de bien-être altéré.

Par ailleurs, les patterns attentionnels vers des stimuli auditifs (*i.e.* **AA test**) différaient entre les individus identifiés comme figés et les individus non figés. Seule la moitié des

chevaux figés a été attentive aux stimuli auditifs lors du premier jour de diffusion, appuyant la faible réactivité vers des stimuli environnementaux initialement évaluée par Fureix *et al.,* (2012). Les chevaux figés nécessiteraient plus de temps pour être attentifs aux stimuli et auraient des difficultés à différencier de nouveaux stimuli par rapport aux stimuli quotidien de leur environnement (Kemp *et al.,* 2010). Un stimulus nouveau met donc en évidence les fortes différences entre les chevaux figés et les chevaux non figés. Les chevaux figés semblent être « coupés » des stimulations environnementales. Ce phénomène suggère un temps de réaction retardé ou une incapacité à percevoir les stimuli de l'environnement qui peuvent être sous tendus par un déficit momentané de l'attention (Mendl, 1999). Ces baisses d'attention sont susceptibles d'être associées à l'effet d'un stress chroniques qui pourrait induire une baisse de vigilance (Broadbent, 1971). L'activité de l'écurie (*e.g.* bruit continu) et les expériences plus ou moins positives répétées avec l'homme (*e.g.* avant et pendant les séances d'équitation) peuvent s'additionner aux effets des restrictions environnementales (spatiales, sociales) et ainsi entrainer des stress chroniques pour les chevaux. Ceux-ci peuvent alors avoir exprimé une forme d' « résignation acquise » (Overmier & Seligman, 1967). Cette résignation acquise entraine une baisse de réactivité globale vers les stimulations de l'environnement (Hall *et al.,* 2008) et serait associée à des perturbations de l'état motivationnel, émotionnel et cognitif des individus, tel que la capacité à associer un comportement futur avec ses conséquences (Hall *et al.,* 2008).

Ce « syndrome » ferait écho à un état dépressif identifié chez l'homme (APA, 2013). Cette hypothèse a été appuyée par d'autres travaux récents de Fureix *et al.,* (2015) montrant que ces mêmes chevaux figés présentent aussi une forme d'anhédonie (*i.e.* « perte d'intérêt ou de plaisir », Willner *et al.,* 1992), un des symptômes caractéristique de la dépression clinique chez l'homme (APA, 2013). Chez l'homme, plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer un déficit attentionnel chez les patients dépressifs comme le fait d'être « dans sa propre bulle », les individu focalisant leur attention sur eux-mêmes (Smith *et al.,* 1985; Smith & Greenberg, 1981) ou une réduction des capacités cognitives et donc un manque de « ressource » pour allouer son attention et s'engager dans d'autres processus cognitifs (Ellis & Ashbrook, 1988, cités par Gotlib & Joormann, 2010).

De plus, les chevaux figés ont présenté des durées d'attention plus importantes lors du deuxième jour de test, qui sont restées stables au cours des jours de test alors que les chevaux non figés ont montré une diminution de l'attention au cours du temps. Par conséquent, les chevaux figés semblaient ne pas s'être habitués à la diffusion de stimuli auditifs au cours des

jours de test contrairement aux chevaux non figés. Chez l'homme, certaines études comparant les réponses de patients anxieux (l'anxiété pouvant être associé à certaines dépressions cliniques chez l'homme, APA, 2013) et d'individus témoins lors de la diffusion répétée de stimuli auditifs monotones, ont constaté que les sujets anxieux avaient des niveaux de réponse électrodermale plus faibles lors de la première diffusion du stimulus et avaient des phénomènes d'habituation beaucoup plus lents (Lader & Wing, 1964). Or, les chevaux figés ont montré une réactivité émotionnelle accrue lors d'une situation inhabituelle (*i.e.* test d'objet nouveau). Cette réactivité peut refléter une sensibilité émotionnelle ou une anxiété plus marquée entrainant des difficultés à s'adapter à des éléments nouveaux de l'environnement (Wolff *et al.,* 1997; Ennaceur *et al.,* 2005).

Cette étude révèle qu'un état figé chez le cheval peut être caractérisé par plusieurs symptômes : posture atypique, état apathique, baisse de réactivité vers des stimuli environnementaux, sous tendue par un déficit attentionnel, anxiété, anhédonie, hypocortisolémie (Fureix *et al.,* 2012 ; Fureix *et al.,* 2015 ; Rochais *et al.,* en prep). L'ensemble de ces caractéristiques fait écho aux symptômes de la dépression clinique chez l'homme, suggérant que ces chevaux sont eux aussi sujets à un état dépressif, et seraient de potentiels modèles éthologiques de ce trouble chez l'homme. Les modèles éthologiques offrent une forte validité étiologique en mettant en exergue des facteurs induisant une susceptibilité à développer des troubles comportementaux et peuvent ainsi refléter la réalité des situations (Deussing, 2006).

Cependant, d'autres recherches sur les processus attentionnels des chevaux figés sont nécessaires, tels que l'exploration des biais négatifs d'attention, un autre symptôme cognitif pouvant être retrouvé lors de dépression clinique chez l'homme (Beck, 1967; Mogg *et al.*, 1995; Gotlib & Krasnoperova, 1998; Gotlib & Joormann, 2010). La diffusion de stimuli auditifs connotés positivement (*e.g.* bruit du contenant de nourriture) et négativement (*e.g.* bruit de chambrière) pourrait étayer l'hypothèse de la présence de biais d'attention négatifs chez ces chevaux figés. En outre, tester différentes formes d'attention telle que l'attention sélective en diffusant des distracteurs lors d'une tâche d'attention comme le 5-CSRTT pourrait confirmer la présence de déficit attentionnel ou de perturbation d'inhibition de l'attention vers des stimuli non pertinents.

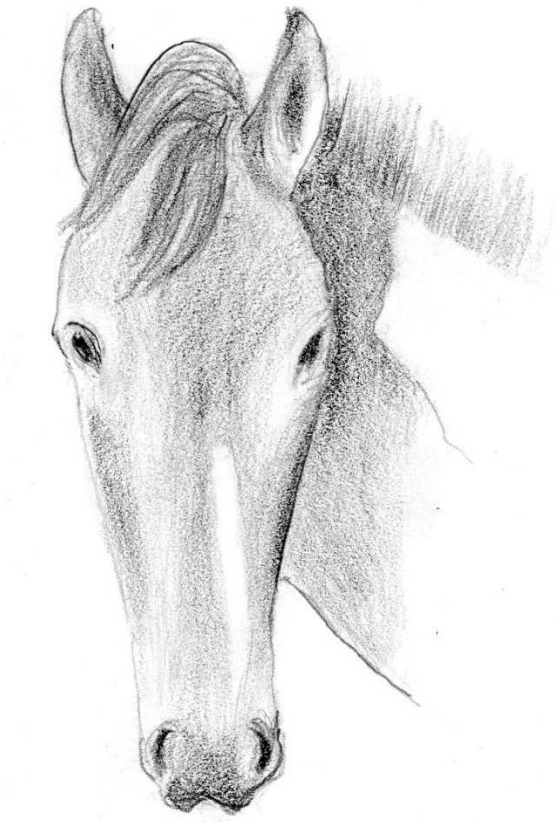
Enfin, le fait que certains individus vivant dans les mêmes conditions présentent cet état figé tandis que d'autres non ouvre des pistes de réflexion quant aux facteurs impliqués dans

l'apparition de ces modifications comportementales. Chez l'homme, l'origine des troubles comportementaux tels que la dépression clinique est multifactorielle, incluant des interactions entre des facteurs génétiques et des évènements stressants (*e.g.* expériences précoces négatives ou des chocs traumatiques et/ou une vie stressante à l'âge adulte) (Deussing, 2006; Colman & Ataullahjan, 2010). Chez l'animal, au sein de plusieurs groupes de macaques à longue queue captifs (*Macaca fascicularis*) vivant dans les mêmes conditions depuis au moins 3 ans (*i.e.* restriction spatiale, environnement pauvre, forte densité sociale), les individus étant nés en élevage ont plutôt développé des comportements anormaux tels que des stéréotypies, alors que ceux étant nés en milieu naturel ont développé une baisse de réactivité comportementale (Camus *et al.,* 2013b). Ces résultats suggèrent un impact des expérience précoces de vie sur le développement d'une baisse de réactivité comportementale (Camus *et al.,* 2013b). Dans notre population de chevaux de centre-équestre, il est difficile d'obtenir les informations sur les expériences (précoces ou non) qu'ont vécu les individus. Néanmoins, l'expression d'un état figé n'était ni liée au temps passé dans l'écurie (*i.e.* année d'arrivée dans l'écurie), ni liée à l'âge des individus. Par contre, les chevaux figés étaient tous de la même race, suggérant l'implication de facteurs génétiques, et les femelles étaient surreprésentées (une caractéristique aussi retrouvée chez lors de dépression clinique l'homme) (Fureix *et al.,* 2012).

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de ces études soulignent l'impact de facteurs environnementaux et de l'état de bien-être / mal-être sur l'attention du cheval. Les caractéristiques attentionnelles semblent pouvoir être influencées par différentes facettes propres aux conditions de vie domestique du cheval (*i.e.* condition d'hébergement, vie sociale, pratique d'équitation, expériences dues à l'équitation, discipline d'équitation, gestion des écuries). Les variations d'attention en fonction des conditions de vie offertes aux chevaux ont permis d'identifier une « fenêtre » d'attention potentiellement optimale, entre un déficit attentionnel (*i.e.* inattentif) et une difficulté à filtrer les informations non pertinentes de l'environnement (*i.e.* hyper attentif et/ou « figé »). Ces deux caractéristiques attentionnelles ont été reliées à des indicateurs de mal-être avérés chez le cheval. Ces résultats suggèrent que l'attention pourrait être un indicateur pertinent pour évaluer l'état de bien-être / mal-être chez l'animal.

Ces résultats ouvrent aussi des pistes de réflexion quant à l'optimisation de l'environnement dans lequel les chevaux évoluent, pour limiter les facteurs altérant leur bien-être et ainsi leurs capacités attentionnelles. Favoriser un environnement adapté permettra d'améliorer les capacités attentionnelles du cheval qui apparaissent cruciales pour sa performance au travail (*i.e.* exercice de longe) (*cf* **chapitre 3**). En effet, l'attention est un élément clé des processus d'apprentissage et de mémorisation (Kruschke, 2003), qui apparait nécessaire en équitation. Il est donc probable que la qualité d'attention du cheval au travail puisse prédire de meilleures performances dans toute discipline, du loisir à la performance sportive de haut niveau. On peut donc se demander si l'attention du cheval en contexte expérimental peut prédire l'attention du cheval dans divers contextes de travail, que ce soit lors de séances lors de travail à pied (*cf* **chapitre 3**), lors de séance d'équitation, ou lors de compétitions (*cf* **chapitre 5**).



Chapitre 5

Attention et travail



5. ATTENTION & TRAVAIL

Introduction

L'attention visuelle du cheval en contexte expérimental apparait être stable au cours du temps, entre les situations et des éléments préliminaires suggèrent qu'elle puisse être prédictive de l'attention du cheval en contexte de travail. Les chevaux présentant un niveau d'attention plus important dans le test d'attention visuelle montraient plus de concentration dans une situation de travail (*i.e.* exercice de longe). A l'inverse, l'attention vers des stimuli auditifs en contexte expérimental semble prédire la distractibilité des chevaux dans d'autres contextes expérimentaux (*i.e.* 5-CSRTT) et en particulier dans ce même exercice de travail. L'attention est un élément clef des processus d'apprentissage et de mémorisation (Kruschke, 2003), qui sont des aspects cruciaux pour l'entrainement et le travail du cheval. La qualité d'attention du cheval au travail devrait donc aussi prédire de meilleures performances dans toutes les disciplines, du loisir au sport de haut niveau. On peut se demander si l'attention du cheval en contexte expérimental peut **prédire** l'attention ou la distractibilité du cheval dans **divers contextes de travail**, que ce soit lors de séances d'équitation ou lors de compétitions, et si des facteurs intrinsèques (*i.e.* âge, sexe) ou extrinsèques telle que la discipline pour laquelle les chevaux sont entraînés peuvent **moduler** les caractéristiques attentionnelles du cheval.

Evaluation de l'attention du cheval au travail

Le comportement du cheval peut être évalué au travail *via* des **observations en contexte habituel**. Ainsi, en comparant le comportement de jeunes chevaux hébergés en boxes ou en pâtures lors d'un exercice de longe, Rivera *et al.*, (2002) ont montré que l'hébergement en box induisait plus de comportements « indésirables » (*i.e.* écarts, sauts en l'air, cabré) et « de distractibilité » (*i.e.* changements d'allure) que l'hébergement en pâtures (Rivera *et al.*, 2002). D'autres auteurs se sont focalisés sur le comportement des chevaux lors de séances d'équitation. Ainsi, von Borstel *et al.*, (2011b) ont pu observer les comportements de 36 étalons lorsqu'ils étaient montés et évalués par des juges lors de concours de « maniabilité et de personnalité » (*i.e.* test de performance mis en place en Allemagne pour

caractériser les étalons et permettre aux utilisateurs de choisir parmi un « catalogue » d'étalon). Dans cette étude, les auteurs se sont basés sur des comportements tels que des mouvements de queue, de tête, des « pas de côté », des écarts (*i.e.* sursaut et tentative de fuite), des changements d'allure non demandés, ou encore la posture des oreilles pour caractériser les chevaux. Ces observations comportementales ont été mises en relation avec les scores alloués par les juges pour différents traits de tempérament pour chaque cheval (von Borstel *et al.,* 2011b). Des relations ont été identifiées entre l'évaluation des juges et les observations comportementales: les chevaux effectuant plus de changements d'allure étaient jugés comme ayant « du caractère », les mouvements de queue étaient reliés à « une volonté de travailler » ou les mouvements de tête étaient associés à une faible « maniabilité ». Cependant, les auteurs suggèrent que ces différents comportements peuvent plutôt refléter une distractibilité (changement d'allure) et un inconfort (mouvement de tête et de queue) dus à l'entrainement plutôt que des « traits de tempérament » *per se* (von Borstel *et al.,* 2011b). D'autres auteurs ont cherché à identifier des indicateurs de stress (von Borstel *et al.,* 2009; Christensen *et al.,* 2014) ou de mal être (Lesimple *et al.,* 2010) lors des séances d'équitation. Par exemple, une posture de tête en « hyper flexion » (*i.e.* technique de dressage définie comme étant la flexion extrême de l'encolure du cheval obtenue par la force) couramment imposée aux chevaux de dressage, entraine des comportements caractéristiques d'inconfort ou d'agitation (*i.e.* locomotion altérée, mouvements de tête, mouvements de queue, écarts). Ces comportements peuvent être associés à des modification physiologiques (*i.e.* augmentation du rythme cardiaque, augmentation du taux de cortisol salivaire) suggérant que cette posture peut être très stressante pour le cheval (von Borstel *et al.,* 2009; Christensen *et al.,* 2014). Dans une autre étude portant sur 19 chevaux de centre-équestre, Lesimple *et al.,* (2010) ont montré un impact majeur des techniques d'enseignement dispensées par les centre-équestres sur la prévalence de problèmes vertébraux. Les auteurs se sont intéressés à la phase d'apprentissage de l'équitation pour des cavaliers inexpérimentés, plus dépendants de l'enseignant. Au cours de cette phase les positions des cavaliers (*e.g.* le fait de placer les mains basses ou plutôt hautes) étaient liées aux pratiques d'enseignement (*i.e.* attention portée par les moniteurs sur ces positions ou non), et menaient, chez le cheval, à l'adoption de postures d'encolure plutôt hautes ou plutôt basses (Lesimple *et al.,* 2010). Ces différentes postures ont été étroitement liées à la prévalence de problèmes vertébraux : les chevaux souvent observés avec l'encolure haute étaient plus « atteints » au niveau du dos que les autres. L'observation des chevaux et des cavaliers lors des séances d'équitation a permis de mettre en évidence des différences entre centre-équestres : certains établissements favorisaient une équitation plus positive en

termes de bien-être du cheval, tandis que d'autres avaient des pratiques menant à une plus forte prévalence de problèmes vertébraux (Lesimple *et al.,* 2010).

L'évaluation du comportement du cheval lors de travail « à pied » (*i.e.* les chevaux ne sont pas montés) et lors des séances d'équitation peut donc se baser sur des observations comportementales et des relevés physiologiques. D'autres auteurs ont tenté d'identifier les liens entre les pratiques d'équitation et l'expression de comportements indésirables à l'aide **d'enquêtes par questionnaires** (Hockenhull & Creighton, 2013). Ces auteurs ont mis en évidence une forte corrélation négative entre le pourcentage de fois ou les cavaliers interrogés récompensent les chevaux (*i.e.* récompense alimentaire) et l'expression de comportements indésirables tels que des écarts, des ruades, le refus d'avancer. Les enquêtes par questionnaires aux personnes interagissant quotidiennement avec les animaux sont communément utilisées pour l'évaluation du tempérament (*e.g.* Gosling & John, 1999; Gosling 2001), de la relation à l'homme (*e.g.* Cavanaugh *et al.,* 2008) ou de paramètres reliés au bien-être (*e.g.* stéréotypies : Bashaw *et al.,* 2001; Lesimple *et al.,* 2013). Cette approche présente des avantages (Meagher, 2009 pour une revue) : elle permet l'évaluation d'un grand nombre d'animaux et / ou de sites en limitant les coûts, et autorise les comparaisons entre situations ou au cours du temps. Un autre avantage des études par questionnaire est qu'elles permettent une évaluation des animaux dans leur environnement familier (Svartberg, 2005). Néanmoins, ces études présentent également des inconvénients : le taux d'agrément inter-observateurs dépend fortement de l'espèce étudiée (Carlstead *et al.,* 2000) et certains comportements ne sont pas suffisamment bien reconnus pour être bien évalués (Wielebnowski, 1999). D'autres comportements peuvent être vus d'une manière anthropomorphique et ne seront pas objectivement évalués (Mills, 1998). De plus, les personnes interrogées sont susceptibles de répondre de façon à donner une image positive d'elles-mêmes ou de leur entreprise (Matsumoto & Juang, 2012). Il est également possible que les propriétaires soient réticents à rapporter les problèmes de bien-être de leurs animaux, créant ainsi un biais dans les évaluations (Wyse *et al.,* 2008).

Chez le cheval, les évaluations par questionnaires ont été utilisées au cours d'études sur le tempérament (*e.g.* Duberstein & Gilkeson, 2010; Lloyd *et al.,* 2007; Momozawa *et al.,* 2003, 2005; Nagy *et al.,* 2010), les problèmes de santé (Cole *et al.,* 2005; Ireland *et al.,* 2012; Lesimple *et al.,* 2013) ou encore les stéréotypies (Parker et al., 2008a; Normando et al., 2011; McGreevy et al., 1995; Wickens and Heleski, 2010)Lesimple & Hausberger, 2014).

Cependant, si dans certains cas l'évaluation subjective par questionnaire s'est révélée fiable (Le Scolan *et al.*, 1997; Momozawa *et al.*, 2003; Visser *et al.*, 2003c), dans d'autres cas, l'agrément entre les personnes interrogées (Anderson *et al.*, 1999), ou encore la fiabilité des réponses, comparées aux mesures comportementales et physiologiques (McCall *et al.*, 2006; Hall *et al.*, 2014; Lesimple *et al.*, 2013; Lesimple & Hausberger, 2014) ont été remis en question. Différentes méthodes peuvent être employées, comme l'application de questionnaires initialement élaborés pour l'homme (Morris *et al.*, 2002), d'autres se basent sur des adjectifs correspondant à des items comportementaux prédéfinis chez le cheval (French, 1993; Momozawa *et al.*, 2003, 2005).

Depuis longtemps, des études ont tenté de faire le **lien** entre les **comportements en contexte expérimental** et le comportement des animaux **évalué par les utilisateurs** (Sato 1981; Feaver *et al.*, 1986; Budzynski *et al.*, 1992 ; Le Scolan *et al.*, 1997). Ainsi, dans une étude portant sur 72 chevaux de différents centre-équestres, Le Scolan *et al.*, (1997) ont évalué le tempérament des chevaux *via* des tests expérimentaux : « le test de l'arène », « le test de l'objet nouveau », et « le test du pont » pour évaluer l'émotivité (*cf* **chapitre 3**); le test « de l'ouverture de la boite » et une tâche de détour pour évaluer les performances d'apprentissage et de mémorisation. Les comportements au cours de ces différents tests ont été corrélés à l'évaluation des chevaux par les moniteurs du centre-équestre, *via* des questionnaires. Par exemple, la réactivité émotionnelle lors du test de l'arène était positivement corrélée au niveau de grégarité évalué par les moniteurs, tandis que les performances d'apprentissage et de mémorisation lors des tâches instrumentales étaient positivement corrélées à l'évaluation de l'apprentissage au cours des séances d'équitation par les moniteurs (Le Scolan *et al.*, 1997).

Facteurs de modulation de l'attention du cheval : impact des caractéristiques intrinsèques (cf Chapitre 3)

Certaines caractéristiques intrinsèques ont été identifiées comme facteurs de modulation des capacités cognitives chez le cheval. Par exemple, les capacités d'apprentissage semblent être influencées par le **sexe** des chevaux : les jeunes juments apprennent plus rapidement que les jeunes mâles lors d'une tâche d'apprentissage spatial (*i.e.* tâche de détour) mais pas lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) (Wolff & Hausberger, 1996). A l'inverse, des mâles

adultes ont montré de meilleures performances lors d'une tâche d'apprentissage spatial par rapport à des femelles adultes vivant dans les mêmes conditions (Murphy *et al.,* 2004). D'autres études n'ont pas identifié de différences en fonction du sexe des individus lors d'une tâche d'apprentissage spatial utilisant soit un stimulus aversif (*i.e.* les chevaux devaient apprendre à traverser une barre pour éviter un jet d'air comprimé) soit un stimulus positif (*i.e.* les chevaux devaient apprendre à mettre leur nez dans une mangeoire plutôt qu'une autre pour recevoir une récompense alimentaire) (Visser *et al.,* 2001; 2003b). L'impact du sexe des chevaux sur les capacités d'apprentissage n'est donc pas clair. Plusieurs paramètres peuvent expliquer les résultats contradictoires des études : les paradigmes utilisés étaient très différents, les chevaux étaient d'âge et de races variés, avec des conditions de vie et des expériences différentes.

Les capacités d'apprentissage peuvent être influencées par des facteurs **génétiques**. Mader et Price (1980) ont confronté des chevaux de différentes races à un test de discrimination visuelle. Les chevaux étaient placés face à des portes sur lesquelles étaient inscrits des items visuels différents. De la nourriture était cachée derrière certaines de ces portes. Les chevaux devaient discriminer les portes cachant de la nourriture des autres portes en se basant sur les indices visuels. Les chevaux de race « quarter horse » ont appris plus rapidement que les chevaux « pur-sang » (Mader & Price, 1980). Les pur-sang ont aussi moins bien appris que les autres lors d'un test d'apprentissage par observation (Lindberg *et al.,* 1999). Dans une étude incluant de nombreuses races, Hausberger *et al.,* (2004) ont montré que des chevaux de races Arabe, Anglo-Arabe et Selle-Français sont moins performants lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) que des chevaux de race Camargue, Fjord ou Mérens. Ces différences pourraient être dues, en partie, à une réactivité émotionnelle plus marquée chez certaines races qui pourrait altérer les performances d'apprentissage (Heird *et al.,* 1986; Waran & Casey, 2005). Cependant, une influence génétique est indéniable. Un impact clair de l'origine paternelle a été mis en évidence dans une tache d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture): en fonction de la lignée paternelle, le taux de réussite à ce test était clairement différent chez de jeunes chevaux vivant dans les même conditions (Wolff & Hausberger, 1996).

Les performances d'apprentissage sont influencées par **l'âge** des chevaux. Houpt *et al.,* (1982) ont montré que des poulains apprennent plus rapidement que leur mère adulte. Lindberg *et al.,* (1999) ont trouvé une corrélation négative entre l'âge des chevaux et le temps

passé à manipuler un dispositif expérimental pour obtenir de la nourriture lors d'un paradigme d'apprentissage social. A l'inverse, Wolff & Hausberger (1996) ont observé des jeunes chevaux âgés de 1 à 3 ans et n'ont pas identifié de différences de performances d'apprentissage en fonction de l'âge.

Une seule étude a identifié des différences de capacités attentionnelles des chevaux en en fonction de leur âge (Rapin *et al.*, 2007) (*cf* **Chapitre 3**). Dans cette étude, les chevaux ont appris une tâche instrumentale où la diffusion d'un premier stimulus auditif annonçait le début du test et la diffusion d'un second stimulus auditif correspondait à la possibilité de toucher un cylindre avec les naseaux pour obtenir une récompense alimentaire. Une fois la tâche apprise, le test *per se* consistait à évaluer le temps d'attente pendant lequel le cheval pouvait rester concentré sur le dispositif. Ce temps d'attente correspondait au maintien de l'attention des chevaux vers le dispositif. Les chevaux ont été testés 2 fois à trois semaines d'intervalle. Les chevaux plus jeunes (3-7 ans) ont présenté des durées d'attention plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors du premier test, mais leur durée d'attention a diminué lors du deuxième test alors qu'elle était stable ou améliorée pour les chevaux plus âgés.

Facteurs de modulation de l'attention du cheval : impact de facteurs environnementaux (cf Chapitre 4)

Au-delà de caractéristiques liées à l'individu lui-même (caractéristiques intrinsèques), d'autres facteurs comme le mode de vie ou le travail peuvent influencer le comportement du cheval (*cf* **chapitre 4**). L'équitation peut moduler le comportement du cheval au travail mais aussi hors travail. Ainsi, l'état de bien-être du cheval lors des séances d'équitation peut être altéré par l'utilisation de harnachements contraignants (*e.g.* Ödberg & Bouissou, 1999 ; Casey *et al.*, 2013). Le travail, de par les techniques d'équitation utilisées (*e.g.* position des mains du cavalier) peut également induire des problèmes vertébraux (Jeffcott *et al.*, 1980; Fonseca *et al.*, 2006; Lesimple *et al.*, 2010). Le **type de travail** peut induire des problèmes de comportement chroniques en dehors des situations de travail. Dans une étude portant sur 76 chevaux de même sexe et de même race, vivant dans les mêmes conditions, Hausberger *et al.*, (2009) ont montré que la prévalence de comportements stéréotypiques (majoritairement oraux) dépendait fortement du type de travail effectué :les chevaux de dressage exprimaient plus de comportements stéréotypiques que les chevaux de saut d'obstacle, de concours complet ou de voltige. Les auteurs suggèrent que les contraintes psychologiques (*i.e.*

restriction de l'expression des émotions), physiques (*i.e.* restriction des mouvements) et les ordres conflictuels (*i.e.* tensions sur les rennes et pressions des jambes du cavalier simultanément) inhérents à la pratique du dressage actuellement entraineraient des situations particulièrement stressantes pouvant expliquer la forte prévalence de comportements stéréotypiques chez ces chevaux. Par ailleurs, la discipline d'équitation effectuée apparait aussi avoir un impact sur le tempérament / la personnalité du cheval. Les chevaux de dressage ont été identifiés comme étant plus émotifs que des chevaux d'obstacle, de concours complet, de voltige ou de loisir (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). Les auteurs suggèrent que les contraintes imposées par les cavaliers dans cette discipline (*e.g.* postures : von Borstel *et al.*, 2009) pourraient mener à une forme « d'anxiété », qui, par répétition et à long terme ferait partie intégrante de la personnalité du cheval (Hausberger *et al.*, 2011 ; von Borstel *et al.*, 2009).

De plus, la discipline d'équitation pour laquelle le cheval est entrainé semble avoir un impact sur les capacités cognitives du cheval. Une étude portant sur 700 chevaux, de différents âges, différentes races et de différents sites équestres, a tenté d'évaluer le poids des facteurs génétiques et environnementaux sur le tempérament des chevaux (Hausberger *et al.*, 2004). Les auteurs ont montré que le type de travail effectué par les chevaux avait un impact majeur sur les réactions des chevaux à la séparation sociale (*i.e.* test de l'arène) et sur les performances d'apprentissage (*i.e.* test d'ouverture de la boite pour obtenir de la nourriture). Les chevaux de « haute école » (*i.e.* chevaux de dressage capables d'effectuer des exercices avancés) étaient moins performants dans des tâches d'apprentissage instrumental que les chevaux effectuant d'autres disciplines (*e.g.* saut d'obstacle, voltige). Les auteurs suggèrent que ces chevaux sont contraints par les ordres des cavaliers dans cette discipline, donnant ainsi très peu de liberté au cheval. Les chevaux ne pouvant pas « prendre d'initiatives » dans leur contexte de travail, seraient moins enclins à apprendre dans d'autres contextes (Hausberger *et al.*, 2004). Globalement, les chevaux de dressage seraient plus émotifs et plus sujets à l'expression de comportements stéréotypiques (Hausberger *et al.*, 2009, 2011). Dans ces études, les chevaux n'avaient pas été initialement sélectionnés pour cette discipline d'équitation. Ces résultats illustrent un impact du travail *per se* sur le comportement du cheval.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que les chevaux peuvent aussi être sélectionnés pour une discipline donnée. Par exemple, les lignées des chevaux de dressage sont issues de

sélections récentes, qui ont pu viser à obtenir des chevaux très « réactifs » (pour que les chevaux réagissent rapidement aux ordres du cavalier), pouvant expliquer une réactivité émotionnelle plus prononcée chez ces chevaux (Visser *et al.*, 2001; Hausberger *et al.*, 2004).

Attention et performances

Chez l'homme comme chez le cheval, les caractéristiques attentionnelles peuvent être impliquées dans des tâches quotidiennes. Par exemple, un déficit et / ou des perturbations de l'attention (*i.e.* perturbation de l'inhibition de l'attention envers des stimuli non pertinents de l'environnement, menant à une difficulté à se concentrer et donc une **distractibilité**) dus à des psychopathologies (*i.e.* TDA/H) entrainent de moins bonnes performances scolaires chez l'enfant (Kieling *et al.*, 2014) mais aussi de moins bonnes performances au travail chez l'adulte (Graaf *et al.*, 2008). Chez le cheval, de moins bonnes performances d'apprentissage ont été identifiées chez des chevaux exprimant des comportements stéréotypiques (Hausberger *et al.*, 2007; Parker *et al.*, 2008b). Les auteurs suggèrent qu'une diminution des capacités attentionnelles de ces chevaux puisse expliquer ces résultats. Ces chevaux se reposant et dormant moins, et focalisant leur attention sur les comportements stéréotypiques, ce qui diminuerait leur attention vers d'autres stimulations ou d'autres tâches (Hausberger *et al.*, 2007). Ainsi, si les performances d'apprentissage lors d'une tâche instrumentale peuvent être médiées par les capacités attentionnelles du cheval, force est de constater que ces performances en contexte d'équitation seront tout autant médiées par des caractéristiques attentionnelles. Ainsi, les caractéristiques attentionnelles du cheval pourraient avoir un rôle prédominant sur ses performances en équitation, que ce soit lors de l'entrainement ou lors de compétition.

Au cours de ce chapitre, nous nous attacherons dans un premier temps à **(i)** identifier si les caractéristiques attentionnelles des chevaux envers un stimulus visuel en contexte expérimental sont prédicteurs de l'attention des chevaux lors de séances d'équitation. Les caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental seront mises en relation avec l'évaluation de l'attention des chevaux par leurs utilisateurs *via* des enquêtes par questionnaires (**article 6**) ; **(ii)** identifier si les caractéristiques attentionnelles des chevaux envers des stimuli auditifs en contexte expérimental sont prédicteurs de la distractibilité des chevaux lors des séances d'équitation *via* l'évaluation des chevaux par leurs utilisateurs

(**article 7**). Dans un second temps, nous nous attacherons à **(iii)** identifier des facteurs de modulation de l'attention dus au travail (*i.e.* pratique d'une discipline donnée) ou dus à des caractéristiques intrinsèques (*i.e.* âge, sexe, race). Afin d'explorer si les caractéristiques attentionnelles du cheval peuvent impacter ses performances en équitation, les performances des chevaux en compétition seront mises en relation avec leurs caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental.

Synthèse de l'article 6

Questions : Les caractéristiques attentionnelles du cheval semblent être stables dans le temps et entre les situations, et notamment entre un contexte expérimental et un contexte de travail (*e.g.* exercice de longe). Les caractéristiques attentionnelles lors du test d'attention visuelle semblent prédire de meilleures performances d'apprentissage et d'attention en contexte expérimental et en contexte de travail. Dans quelle mesure l'attention des chevaux envers un stimulus visuel en contexte expérimental peut-elle prédire l'attention des chevaux au cours des séances d'équitation?

Méthodes : L'attention de 27 chevaux vivant en centre équestre a été évaluée à l'aide du test d'attention visuel (VA test) décrit précédemment (*cf* **chapitre 3**). Un questionnaire concernant la concentration ou l'obéissance des chevaux au travail a été distribué aux 2 monitrices du centre équestre. Les monitrices ont rempli un questionnaire par cheval, chacun comprenant 16 questions reflétant la distraction/la concentration ($n_{question}$=8) et la désobéissance/l'obéissance ($n_{question}$=8) du cheval au travail. La somme des scores de chaque question octroyait un score total d'attention pour chaque cheval. L'évaluation de l'attention des chevaux par les monitrices a été mise en relation avec l'évaluation de l'attention des chevaux lors du VA test.

Résultats : L'évaluation par questionnaire rapporte que 40 % des chevaux sont très concentrés au travail et 47 % sont très obéissants. Des relations claires entre les caractéristiques attentionnelles lors du VA test et l'évaluation de l'attention par les monitrices ont été identifiées. Le nombre de séquences et la durée totale d'attention fixe étaient corrélés au score de concentration. Plus les chevaux étaient attentifs de manière fixe lors du VA test, plus ils étaient décrits comme concentrés lors des séances d'équitation.

Conclusion : L'évaluation de l'attention du cheval en contexte expérimental parait prédire l'attention en contexte de travail évaluée par les utilisateurs. Ces résultats confirment que les caractéristiques attentionnelles lors du test d'attention visuelle peuvent prédire de meilleures performances d'attention en contexte expérimental et en contexte de travail. Ainsi, le VA test pourrait permettre de mieux caractériser les chevaux pour mieux les choisir pour l'équitation.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

An experimental test to predict attention at work in domestic horses (*Equus caballus*)

Materials & Methods

1. Ethical statement

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilization protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the research station in Chamberet, and the riding school staff.

2. Subjects

Twenty-seven horses (6 mares and 21 geldings) were observed in May 2012. They were between 5 and 20 years old ($\overline{X}$ ±ES= 12.7±0.9 years old) and seventy-four percent of the horses were French Saddlebreds. All came from the same riding school located in western France, where they had been living for at least six months (min: 6 months; max: 14 years; $\overline{X}$ ± SE== 5.9 ± 1.3 years). Horses were kept in individual straw-bedded 3m x 3m stalls in a barn. Stalls were separated by grids allowing olfactory and visual contacts with conspecifics. Animals were fed commercial pellets three times a day (07:00, 12:00, 19:00). Hay (6-7kg) was provided once daily (13:00). Each stall was cleaned every morning, and was equipped with an automatic drinker. The horses worked in riding lessons for 6 to 10 hours a week, with two rest days per week during which they were released in paddocks in groups. Riding lessons involved children and teenagers during mainly indoor instruction teaching, including a few competitions. Out the 27 horses, 12 (N_{mares}=3; $N_{geldings}$=9) displayed altered welfare state termed “withdrawn state” (Fureix *et al.*, 2012). Because of their behavioural differences compared to non-withdrawn horses (*cf* **chapitre 4**), and of the absence of relationships between behaviours in the VA test and the riding school assessment this study focused only on the non-withdrawn horses. Thus, 12 geldings and 3 mares, mainly French Saddlebreds (67%), aged from 5 to 18 years ($\overline{X}$ ± SE== 11.9 ± 1.3 years), were kept for this study.

3. Visual attention test (VA test) (see also Rochais et al., in prep)

Test settings

Horses' spontaneous visual attention was measured with a standardized circular moving visual stimulus (Ø1cm). Horses have high abilities to detect movements due to a horizontal visual streak containing high proportion of cones to rods (Hebel, 1976; Harman *et al.,* 1999) and show higher behavioural responses towards moving stimulus compared to stationary stimulus (McCall *et al.,* 2006). A green light issued from a laser pointer (Laser point, PEARL®) was projected on each horse's stall doors during 5 minutes by the same experimenter (CR). The test was performed once a day during 2 consecutive days. The procedure was as follows:

- the experimenter entered the stall, approached the animal, equipped it with a halter and a rope and then placed it gently in front of the stall door.
- the horse was then left unrestrained (the rope being placed over its neck) and hence able to move freely. The experimenter (CR) stood motionless in the middle of the stall, facing the stall door, on the left side of the horse and with the arms alongside the body during 2 minutes for horses' habituation to human presence in the stall.
- finally, the light projection was activated by the experimenter after the 2 minutes of habituation and when horse's head was directed towards the stall door.
- The experimenter expressed round, vertical and horizontal movements with the light.

All horses were tested in their individual usual stalls. A second experimenter videotaped the test using a digital video camera (Sony, HDR-XR105 ®) and data were later transcribed.

Behavioural measures

Horses' overall attention towards the stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). Reaction time in seconds (*i.e.* time between the first movement of the stimulus and the first horse's gaze towards the stimulus) was scored and used as a measure of *attentional capture*. For subjects that did not gaze towards the stimulus during the test, a maximum reaction time score of 300 seconds was assigned. Gazes were differentiated from glance as a visual fixation which lasted at least one second (Blois-Heulin, 1999). Monocular gaze was defined when horse's head was oriented at less than 45° to the right or to the left with eyes towards the visual stimulus at least one second of gazing fixedly. Binocular gaze was defined when horse's head and both eyes were oriented forward towards the visual

stimulus, at least one second of gazing fixedly (Hughes, 1977). The end of a gaze was defined when horses' head started to move and in 65 % of case horses showed eye blinking, suggested as a refocusing of attention phenomenon (Lampe & Andre, 2012; Evinger, 1995).

In order to examine the structure of attention, we scored the *number of gazing sequences* (*i.e.* number of times where horses gazed towards the stimulus during the 5-minute test), the *duration of each gazing sequence* (in seconds) and the indices of attention fragmentation corresponding to a ratio *number of gazing sequences / total duration of gazes within 5 minutes of test* (number/seconds). The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (*i.e.* sum of all duration of each gazing sequence during the 5-minute test). Within the overall visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention" as described in the literature as a higher level of attention (Waring, 2003). In this case, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). Thus, the *number of fixed attention sequences*, the *duration of each fixed attention sequence (in seconds), the fragmentation indices (in number/seconds),* as well as the *total duration of fixed attention* (*i.e.* sum of each fixed attention sequence, in seconds) were measured. No horse expressed fear behaviours (*i.e.* alert posture associated with dilated nostrils and snorting, elevation of the tail and active walk in the box, (Wolff *et al.,* 1997; Kiley-Worthington, 1976), which ensured us that we measured attention *per se*.

4. Assessment of horses' attention by the riding teachers (see Table I)

In order to evaluate riding horses' attention in a working context, the 2 riding teachers (2 women, working in the riding school since at least one year, involved in daily lessons with these horses) were asked to answer a questionnaire about each horse's behaviour at work (Table I). Sixteen questions about the horses' attention at work were asked to the 2 riding teachers: 8 questions dealt with distraction/concentration and the other 8 with disobedience/obedience. Each question was asked in a positive and negative way randomly scattered amongst all questions (Le Scolan *et al.,* 1997; Gosling & John, 1999; Gosling 2001; for a review: Meagher, 2009). The respondents had to tick boxes with an evaluation score from never to always leading to a score from 0 (reflecting distraction / disobedience) to 3 (reflecting concentration / obedience) for each question. The higher the score was, the higher the horse was considered as concentrated and obedient by the riding teacher. Then scores were obtained by adding all questions: 1) total score of concentration (*i.e.* sum of 8 questions,

score between 0 and 24); 2) total score of obedience (*i.e.* sum of 8 questions, score between 0 and 24); 3) total score of concentration + total score of obedience (*i.e.* sum of 16 questions, score between 0 and 48). For instance, a horse which obtained only a score of 3 for each question could have a total score of 24 for concentration and 24 for obedience, leading to a total score of 48.

Four categories of horses were differentiated for each total score: 1) scores between 0 and 6: "not concentrated" or "not obedient"; 2) scores between 6 and 12: "little concentrated" or "little obedient"; 3) scores between 12 and 18: "moderately concentrated" or "moderately obedient"; 4) scores between 18 and 24: "very concentrated" or "very obedient".

Table I: Questions which riding teacher were ask to answer. Questions were scattered amongst the questionnaire. In the brackets are mentioned the score obtained if the box was ticked.

Topic	Questions	never	rarely	often	always
Distraction / Concentration	At work, it is attentive to the rider	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	it is easily distracted at work	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	Hand held, it is careful were it puts its feet	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	It steps on feet inadvertently	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	It easily executes the orders of the rider even if there is noise	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	At work, it turns its head when it hears noise	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	When ridden, it listens well when the rider speak	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	It does not react to the rider voice at work	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
Disobedience / Obedience	In riding lessons, it does not return easily to the gait requested by the teacher	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	In riding lessons, it responds to the teacher's orders	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	When ridden, it is not reactive to legs actions	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	It starts immediately when you push with the legs forwards	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	It is not reactive to the hand's action	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	It has a sensitive mouth	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)
	It requires some time to stop when ridden	□(3)	□(2)	□(1)	□(0)
	When ridden, it stops easily	□(0)	□(1)	□(2)	□(3)

5. Statistical analyses

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). Habituation effect on all variables in the VA test (*i.e.* reaction time, total duration of attention, number of sequences duration of sequences and fragmentation indices) was evaluated using Wilcoxon signed-rank tests between the 2 days of testing. The 2 attention assessments by riding teachers were used: 1) detailed score (*i.e.* each question score corresponding to 0, 1, 2 or 3 score); 2) pooled score (*i.e.* each question score corresponding to

0+1 score and 2+3 score). Rating agreement between the 2 riding teachers was evaluated using Cohen's kappa coefficient (Carletta, 1996). As the 2 riding teachers showed good agreement (Cohen's kappa coefficient, $k_{\text{detailed score}}$=0.55; $k_{\text{pooled score}}$= 0.81), the mean score issued from the 2 riding teachers' responses was used as overall horses' attention assessment. Relationships between attention towards stimuli in VA test and attention assessment from the riding teachers was evaluated using Spearman's correlation tests (*i.e.* correlation of individual rankings in the 2 different contexts). Categories of horses according to their questionnaire score were compared with Mann-Whitney U tests (*i.e.* only two categories of horses were found). These analyses were run with Statistica 7.1 software © (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. Assessment of attention by the riding teachers

For all riding school horses, concentration scores varied between 12.5/24 and 21.0/24 ($\overline{X}$ ±SE=17.1±0.7), and obedience scores varied between 12.5/24 and 22.0/24 ($\overline{X}$ ±SE=17.1±0.8). Forty percent of the horses were evaluated as "very concentrated" (score between 18 and 24) and 60% as "moderately concentrated" (score between 12 and 18). Same pattern was found for obedience assessment, with 47% of horses considered as "very obedient" and 53 % as "moderately obedient". A clear correlation was found between the concentration score and the obedience score (Spearman's correlation test, N=15, rs=0.75, p<0.001).

2. Visual attention during VA test in riding school horses

On the first day, all horses gazed at least once towards the stimulus. All but one exhibited at least one sequence of fixed attention. Horses' reaction time towards the stimulus was between 0.1 and 40.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=11.9±3.3s) but most subjects (53 %) reacted within 4 seconds. The total duration of overall attention during the 5 minutes of test varied between 30.0 and 273.0 seconds ($\overline{X}$ ±SE=131.1±17.6s) with a number of overall attention sequences between 4.0 and 11.0 ($\overline{X}$ ±SE=7.7±0.5) lasting between 6.4 and 37.8 seconds ($\overline{X}$ ±SE=16.2±2.4s). The indices of attention's fragmentation varied between 0.03 and 0.13 ($\overline{X}$ ±SE=0.07±0.01nb/s) (Tab. II).

The total duration of fixed attention varied between 0.0 and 94.5 seconds ($\overline{X}$ ±SE=37.02±7.9s) with a number of fixed attention sequences between 0.0 and 17.0 ($\overline{X}$ ±SE=6.9±1.2) lasting between 0.0 and 9.5 seconds ($\overline{X}$ ±SE=4.7±0.7s). The fixed attention fragmentation indices varied between 0.00 and 0.39 number/seconds ($\overline{X}$ ±SE=0.22±0.03) (Tab. II).

High individual variations were found for the reaction times (CV=108.5%) and the total duration of fixed attention (CV=82.6 %) (Table II). Less individual variation was found for the number of attention sequences ($CV_{overall}$= 26.1; CV_{fixed}=65.3), for the attention sequences durations ($CV_{overall}$= 56.5; CV_{fixed}=54.5) and for the indice of attention's fragmentation ($CV_{overall}$= 43.2; CV_{fixed}=45.8) (Table II). The overall attention decreased over testing days, with a lower total duration of attention on day 2 compared to day 1 (Wilcoxon signed-rank test: $\overline{X}_{D1}$±SE= 131.1±17.6s, $\overline{X}_{D2}$±SE=72.0±14.2s, $T_{(N=15)}$=23, P=0.03).

3. Relationships between attention in VA test and attention assessment by riding teachers

The measures of fixed attention in the VA test appeared to be strongly correlated with the attention assessment by the riding teachers. Thus, a significant positive correlation was found between the number of sequences, the total duration of fixed attention towards the visual stimulus and the concentration pooled score of questionnaire (Spearman's correlation test, N=15, *number of sequences*: rs=0.67, p<0.01; *total duration of fixed attention*: rs=0.63, p<0.01) (Fig. 1). The longer the fixed attention was, the higher the number of fixed attention was during the VA test, the more attentive the horses were described by the riding teachers. No correlation was found between the measures of overall attention in the VA test and the assessment by the riding teachers.

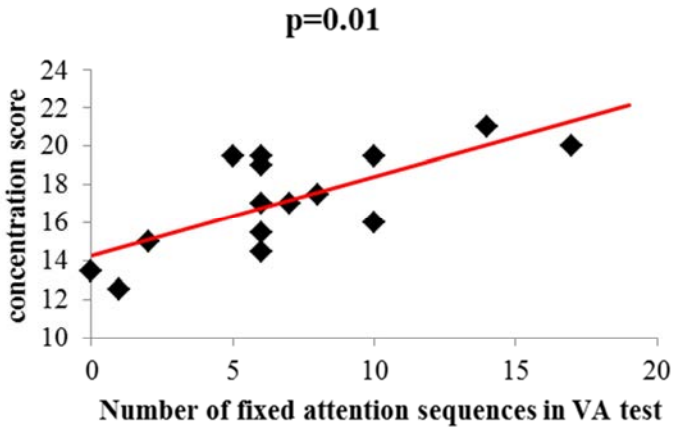


Figure 1: Correlation between **the number of fixed attention sequences** towards visual stimulus in VA test and the **concentration score** issued from riding teachers' assessment (*i.e.* the higher the score was, the higher the horse was considered as attentive by the riding teacher), (Spearmans' correlation test).

This was further confirmed when comparing the "very concentrated" (VC, score between 18 and 24) and the "moderately concentrated" (MC, score between 12 and 18) horses. VC horses showed shorter reaction times (Fig. 2a) and a higher number of fixed attention sequences at day 1 (Fig. 2b) (Mann-Whitney U-test, N_{VC}: 11, N_{MC}= 4; *reaction time:* $\overline{X}_{VC}$±SE= 31.5±6.7, $\overline{X}_{MC}$±SE=196.3±68.8 s, U=6, P=0.03; *number of sequences:* $\overline{X}_{VC}$±SE= 8.6±1.1, $\overline{X}_{MC}$±SE=2.2±1.3, U=3, P=0.01) (Fig. 2). No such difference was found for the obedience score (Mann-Whitney U test, p>0.05 for all).

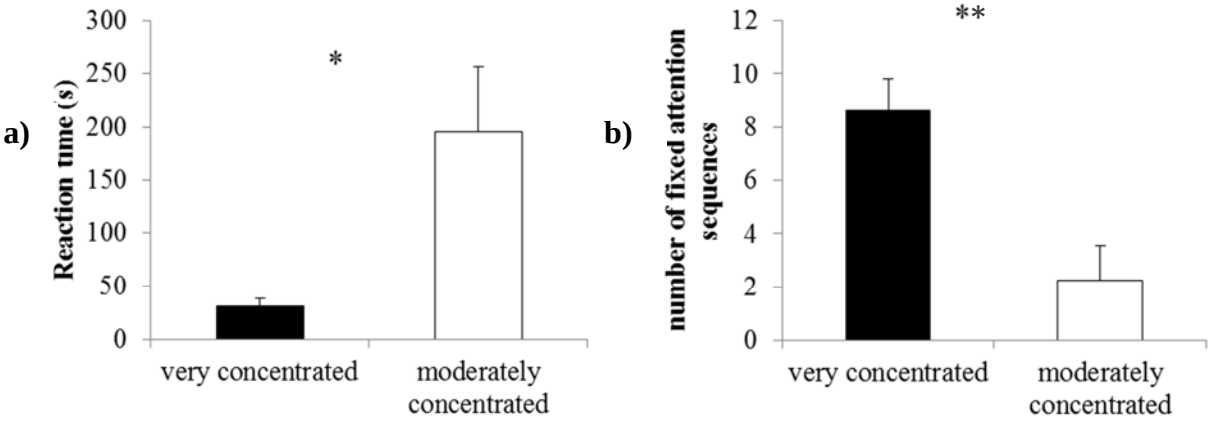


Figure 2: a) **Reaction time** and b) **number of fixed attention** sequences towards the visual stimulus on day 1 in VA test according to **horses concentration score** assessment by riding teachers, Errors bars represent standard errors, Mann-Whitney U test, * p<0,05; ** p<0.01.

Table II. Riding horses characteristics **of overall and fixed attention** towards the visual stimulus on the first testing day.

		Overall attention				Fixed attention			
	Reaction time (s)	Number of sequences (nb)	Duration sequences (s)	Total duration (s)	Number of sequences / total duration (nb/s)	Number of Sequences (nb)	Duration sequences (s)	Total duration (s)	Number of sequences / total duration (nb/s)
mean±SE	11.9±3.3	7.7±0.5	16.2±2.4	131.1±17.6	0.07±0.01	6.9±1.2	4.7±0.7	37.0±7.9	0.22±0.03
CV (%)	108.5	26.1	56.5	52.1	43.2	65.3	54.5	82.6	45.8
Min	0.1	4.0	6.4	30.0	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0
max	40.0	11.0	37.8	273.0	0.13	17.0	9.5	94.5	0.39

Conclusion

In riding school horses, the higher the duration of fixed attention was during the VA test, the most attentive the horses were described by riding teachers. These results revealed that attentional characteristics in the VA test appeared to predict horses' attention at work. Thus, experimental designs appeared to predict horses' attention in riding lessons as they did for the lunging task (*cf* **chapter 3**).

Synthèse de l'article 7

Questions : Les caractéristiques attentionnelles du cheval semblent être stables dans le temps et entre les situations, et notamment entre un contexte expérimental et un contexte de travail tel un exercice de longe. Les caractéristiques attentionnelles lors du test d'attention auditive semblent prédire des performances d'apprentissage et d'attention moindres en contexte expérimental et en contexte de travail. Dans quelle mesure l'attention des chevaux vers des stimuli auditifs en contexte expérimental peut prédire la distractibilité des chevaux dans un contexte de séances d'équitation?

Méthodes : Dans un premier temps, l'attention de 27 chevaux vivant en centre équestre a été évaluée à l'aide du test d'attention auditive (AA test) décrit précédemment (*cf* **chapitre 3**). Un questionnaire concernant la concentration ou l'obéissance, traduisant l'attention générale des chevaux au travail a été distribué aux monitrices (N=2) du centre équestre. Les monitrices ont rempli un questionnaire par cheval, chacun comprenant 16 questions, reflétant la distraction/la concentration ($n_{question}$=8) et la désobéissance/l'obéissance ($n_{question}$=8) du cheval au travail. La somme des scores de chaque question octroyait un score total d'attention pour chaque cheval. L'évaluation de l'attention des chevaux par les moniteurs a pu être mise en relation avec l'évaluation de l'attention des chevaux lors du AA test.

Résultats : l'évaluation par questionnaire rapporte que 40 % des chevaux ont été décrits comme très concentrés au travail et 47 % ont été décrits comme très obéissants. Des relations entre les caractéristiques attentionnelles lors du AA test et l'évaluation de l'attention par les monitrices ont été identifiées. Le la durée totale d'attention fixe vers les stimuli auditifs étaient corrélés au score de concentration et d'obéissance. Plus les chevaux étaient attentifs de manière fixe lors du AA test, plus ils étaient décrits comme distraits et désobéissants lors des séances d'équitation.

Conclusion : L'évaluation de l'attention du cheval en contexte expérimental apparait prédire la distractibilité en contexte de travail décrit par les utilisateurs des chevaux. Ces résultats confirment que les caractéristiques attentionnelles lors du test d'attention auditive peuvent prédire la distractibilité des chevaux en contexte expérimental et en contexte de travail. Ainsi, le AA test pourra permettre de caractériser les chevaux pour mieux les choisir pour l'équitation.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

Predicting distractibility at work: a study in domestic horses (*Equus caballus*)

Materials & Methods

1. Ethical statement

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilization protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the research station in Chamberet, and the riding school staff.

2. Subjects

Twenty-seven horses (6 mares and 21 geldings) were observed in May 2012. They were between 5 and 20 years old ($\overline{X}$ ±ES= 12.7±0.9 years old) and seventy-four percent of the horses were French Saddlebreds. All came from the same riding school located in western France, where they had been living for at least six months (min: 6 months; max: 14 years; $\overline{X}$ ± SE== 5.9 ± 1.3 years). Horses were kept in individual straw-bedded 3m x 3m stalls in a barn. Stalls were separated by grids allowing olfactory and visual contacts with conspecifics. Animals were fed commercial pellets three times a day (07:00, 12:00, 19:00). Hay (6-7kg) was provided once daily (13:00). Each stall was cleaned every morning, and was equipped with an automatic drinker. The horses worked in riding lessons for 6 to 10 hours a week, with two rest days per week during which they were released in paddocks in groups. Riding lessons involved children and teenagers during mainly indoor instruction teaching, including a few competitions. Out the 27 horses, 12 (N_{mares}=3; $N_{geldings}$=9) displayed altered welfare state termed “withdrawn state” (Fureix *et al.,* 2012). Because of their behavioural differences compared to non-withdrawn horses (*cf* **chapitre 4**), and of the absence of relationships between behaviours in the VA test and the riding school assessment this study focused only on the non-withdrawn horses. Thus, 12 geldings and 3 mares, mainly French Saddlebreds (67%), aged from 5 to 18 years ($\overline{X}$ ± SE== 11.9 ± 1.3 years), were kept for this study.

3. *Auditory attention test (AA test) (see also Rochais et al., in prep)*

Test settings

The horses were exposed once a day, at the same moment of the day (1-2 p.m.) and for 4 consecutive days to auditory stimuli, broadcasted for 3 seconds at 70db. Five unfamiliar and different stimuli were pseudo-randomly broadcasted within the stable: 3 heterospecific species vocalizations (*i.e.* baboon, barnacle goose and blue whale), 1 unknown conspecific vocalization and 1 non biological sound (*i.e.* piano). We chose these stimuli due to their differences in structure and novelty for horses. The horses were tested as groups of 4 to 6 individuals occupying neighboring boxes (see also Noble *et al.,* 2013). One different stimulus was broadcasted once to each group each day. Therefore, 5 different stimuli were chosen in order to broadcast new stimuli for each group on day 1 and according to group observation method depending on living conditions (*i.e.* it was not possible to isolate subjects and to observe all horses at the same time). The horses were at equal distance (*e.g.* 2m) from the loudspeaker (Nagra Kudelski paudex HP monitor®). Time intervals between successive playbacks between groups were on average 9.0±0.5 minutes.

Behavioural measures

Predefined measures of attention were extracted from videos using continuous focal sampling (Altmann, 1974). Horses were considered to be attentive to the stimulus when they reacted to it: horses' reaction was defined as any change in behaviour (*e.g.* change in the ongoing activity) after stimulus broadcast (*i.e.* any body movement such as ears, head, neck or all body movement) (*e.g.* Basile *et al.,* 2009). We focused on horses' "fixed attention" as described in the literature as a high degree of attention (Waring, 2003; Hanggi & Ingersoll, 2012) and as the most common behavior during sound playbacks experiments (Lemasson *et al.,* 2009; Proops & McComb, 2012). In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). The end of attention was defined when the horses' ears or head started to move (Lampe & Andre, 2012). The reaction times (*i.e.* time between auditory stimulus broadcast and the first horse's behaviour) and the total duration of first fixed attention until 5 minutes after stimulus broadcast were measured. Subjects that did not react were given a maximum latency score of 300 seconds. A pilot study had revealed that

horses did not maintain fixed attention more than a few minutes. Therefore the duration of attention was measured until 5 minutes after the end of the stimulus broadcast.

4. Assessment of horses' attention by the riding teachers (see also Rochais et al., in prep)

In order to evaluate riding horses' attention in a working context, the 2 riding teachers (2 women, working in the riding school since at least one year, involved in daily lessons with these horses) were asked to answer a questionnaire about each horse's behaviour at work. Sixteen questions about the horses' attention at work were asked to the 2 riding teachers: 8 questions dealt with distraction/concentration and the other 8 with disobedience/obedience. Each question was asked in a positive and negative way randomly scattered amongst all questions (Le Scolan *et al.*, 1997; Gosling & John, 1999; Gosling 2001; for a review: Meagher, 2009). The respondents had to tick boxes with an evaluation score from never to always leading to a score from 0 (reflecting distraction / disobedience) to 3 (reflecting concentration / obedience) for each question. The higher the score was, the higher the horse was considered as concentrated and obedient by the riding teacher. Then scores were obtained by adding all questions: 1) total score of concentration (*i.e.* sum of 8 questions, score between 0 and 24); 2) total score of obedience (*i.e.* sum of 8 questions, score between 0 and 24); 3) total score of concentration + total score of obedience (*i.e.* sum of 16 questions, score between 0 and 48). For instance, a horse which obtained only a score of 3 for each question could have a total score of 24 for concentration and 24 for obedience, leading to a total score of 48.

Four categories of horses were differentiated for each total score: 1) scores between 0 and 6: "not concentrated" or "not obedient"; 2) scores between 6 and 12: "little concentrated" or "little obedient"; 3) scores between 12 and 18: "moderately concentrated" or "moderately obedient"; 4) scores between 18 and 24: "very concentrated" or "very obedient".

5. Statistical analyses

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). Habituation effect on all variables in the AA test (*i.e.* reaction time, and total duration of attention) was evaluated using Friedman test between the 4 testing days. Multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed-rank tests with Bonferroni correction

were used to compare different days. The 2 attention assessments by riding teachers were used: 1) detailed score (*i.e.* each question score corresponding to 0, 1, 2 or 3 score); 2) pooled score (*i.e.* each question score corresponding to 0+1 score and 2+3 score). Rating agreement between the 2 riding teachers was evaluated using Cohen's kappa coefficient (Carletta, 1996). As the 2 riding teachers showed good agreement (Cohen's kappa coefficient, $k_{\text{detailed score}}=0.55$; $k_{\text{pooled score}}= 0.81$), the mean score issued from the 2 riding teachers' responses was used as overall horses' attention assessment. Relationships between attention towards stimuli in AA test and attention assessment from the riding teachers was evaluated using Spearman's correlation tests (*i.e.* correlation of individual rankings in the 2 different contexts). Categories of horses according to their questionnaire score were compared with Mann-Whitney U tests (*i.e.* only two categories of horses were found). These analyses were run with Statistica 7.1 software © (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. Assessment of attention by the riding teachers

For all riding school horses, concentration scores varied between 12.5/24 and 21.0/24 ($\overline{X}$ ±SE=17.1±0.7), and obedience scores varied between 12.5/24 and 22.0/24 ($\overline{X}$ ±SE=17.1±0.8). Forty percent of the horses were evaluated as "very concentrated" (score between 18 and 24) and 60% as "moderately concentrated" (score between 12 and 18). Same pattern was found for obedience assessment, with 47% of horses considered as "very obedient" and 53 % as "moderately obedient". A clear correlation was found between the concentration score and the obedience score (Spearman's correlation test, N=15, rs=0.75, $p<0.001$).

2. Auditory attention in AA test in riding school horses

Reaction times and duration of attention did not differ according to different stimuli (*i.e.* blue whale, barnacle goose, baboon, conspecific and piano) (Friedman test: *reaction time:* $F_{(N=15,\ df=4)}=6.4$, p=0.16; *duration of attention:* $F_{(N=15,\ df=4)}=5.4$, p=0.24). Therefore, all data were pooled. On the first day, all horses but one reacted at least once towards the stimulus. Horses' reaction time towards the stimulus was between 0.4 and 4.5 seconds ($\overline{X}$ ±SE=2.1±0.3

s). The duration of attention varied between 1.0 and 10.6 seconds ($\overline{X}$ ±SE=5.6±0.8 s). Individual variations were very high for the reaction times (CV=351.4%) and less for the duration of attention (CV=54.4%).

The reaction time did not vary statistically according to the testing day (Friedman test: $F_{(N=15, df=4)} = 8.2$, P = 0.08) but the duration of attention (Friedman test: $F_{(N=15, df=4)} = 12.4$, P = 0.01) was higher on the first testing day than at D2, D3 and D4 (Wilcoxon signed-rank test with fdr correction: $_{\text{total duration of attention}}$ X_{D1}±SE= 5.6±0.8s, X_{D2}±SE=3.0±0.6s, X_{D3}±SE=2.7±0.6s; X_{D4}±SE=3.1±0.7s; N=15, p<0.05 for all).

3. Relationships between attention in AA test and attention assessment by riding teachers

The measures of fixed attention in the AA test appeared to be strongly correlated with attention / distractibility assessment by the riding teachers. A significant negative correlation was found between the total duration of fixed attention towards the auditory stimuli on the first testing day and the concentration score (Spearman's correlation test, N=15, rs=-0.68, p<0.01) (Fig. 1). Moreover, the obedience score was also negatively correlated with the total duration of fixed attention towards the auditory stimuli on the first testing day (Spearman's correlation test, N=15, rs=-0.37, p<0.05). Finally, the sum of total duration of fixed attention over all testing days (*i.e.* from D1 to D4) in AA test was negatively correlated with the concentration score (Spearman's correlation test, N=15, rs=-0.64, p<0.01). Thus the longer the duration of fixed attention was during the AA test, the less attentive and less obedient the horses were described by riding teachers.

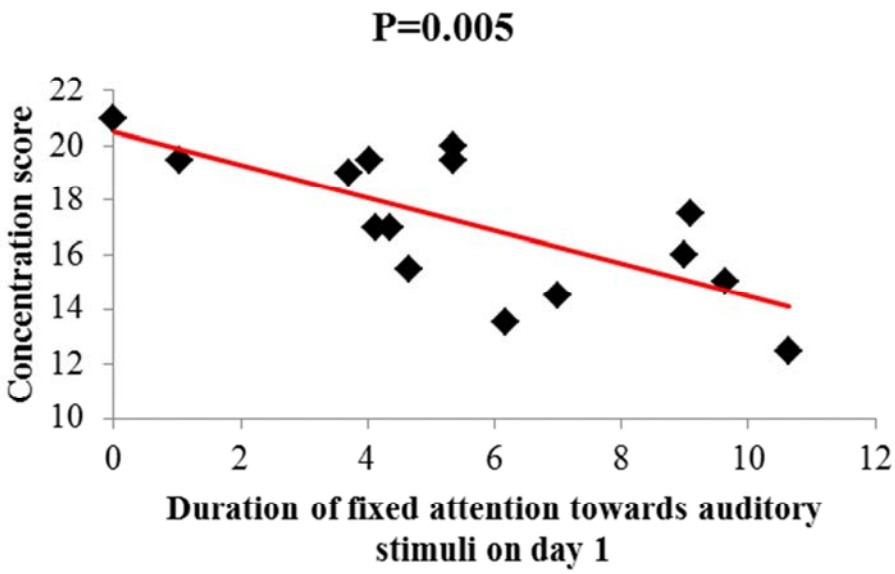


Figure 1: Correlation between the **duration of fixed attention** towards auditory stimuli in AA test on day 1 and the **concentration score** issued from riding teachers assessment (*i.e.* the higher the score was, the higher the horse was considered as attentive by the riding teacher), (Spearmans' correlation test).

This was further confirmed when comparing the "very concentrated" (score between 18 and 24) horses and the "moderately concentrated" (score between 12 and 18) horses. VC horses showed lower total duration of fixed attention on day 1 (Fig. 2) and for all total duration of fixed attention (D1-D4) compared to "moderately concentrated" horses (Mann-Whitney U-test: N_{VC}=11, N_{MC}=4; *duration of fixed attention on day 1:* $\overline{X}_{VC}$±SE= 4.6±0.8, $\overline{X}_{AC}$±SE=8.4±1.0, U=4, P=0.01; *duration of fixed attention for all testing days:* $\overline{X}_{VC}$±SE= 15.9±3.6, $\overline{X}_{AC}$±SE=23.9±2.1, U=6, P=0.03) (Fig. 2). Furthermore, horses classified as "very obedient" showed lower duration of fixed attention on day 1 compared to "moderately obedient" horses (Mann-Whitney U-test: N_{VO}=6, N_{MO}=9; *duration of fixed attention on day 1:* $\overline{X}_{VC}$±SE= 4.6±0.8, $\overline{X}_{AC}$±SE=8.4±1.0, U=4, P=0.01).

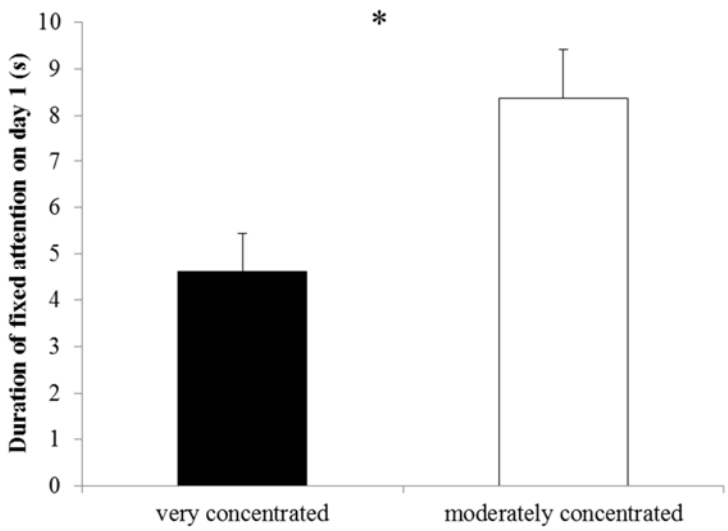


Figure 2: Duration of fixed attention towards the auditory stimuli on day 1 in AA test according to horses **concentration score** assessment by riding teachers, Errors bars represent standard errors, Mann-Whitney U test, * p<0,05.

Conclusion

In riding school horses, the higher the fixed attention was during the AA test, the less attentive the horses were described by riding teachers. These results revealed that attentional characteristics in the AA test appeared to predict horses' distractibility at work. Thus, experimental designs appeared to predict horses' distractibility in riding lessons and also in lung task (*cf* **chapter 3**).

Synthèse de l'article 8

Questions : Les caractéristiques comportementales du cheval et ses capacités cognitives peuvent être modulées par des facteurs intrinsèques (*e.g.* race) et/ou environnementaux (*e.g.* type discipline d'équitation). Dans quelle mesure l'attention du cheval peut-elle être modulée par des facteurs intrinsèques comme la race, le sexe ou encore l'âge des chevaux ? L'attention des chevaux peut-elle être modulée par des facteurs environnementaux comme la discipline effectuée ? Quelles caractéristiques attentionnelles peuvent-elles prédire les performances des chevaux en compétition ?

Méthodes : Les caractéristiques attentionnelles de 17 chevaux ($N_{femelles}$= 7 ; $N_{mâles}$=10), de races Anglo-Arabe ou Selle-Français (N_{AA}=4 ; N_{SF}=13), âgés de 7 à 12 ans, vivant à l'Ecole Nationale d'Equitation ont été évaluées à l'aide du test d'attention visuelle (VA test) décrit précédemment (*cf* **Chapitre 3**). Les chevaux participaient à des compétitions de saut d'obstacle (N_{CSO}=10) ou à des compétitions de concours complet (N_{CCE}=7). Afin d'identifier des facteurs de modulation environnementaux de l'attention des chevaux, l'indice de performance en compétition (communément utilisé dans la filière équine) de chaque cheval et l'impact de la discipline effectuée par les chevaux ont été mis en relation avec les caractéristiques attentionnelles des chevaux lors du VA test. L'impact de caractéristiques intrinsèques sur l'attention des chevaux a par ailleurs été exploré.

Résultats : La structure de l'attention des chevaux lors du test d'attention visuelle diffère en fonction de la discipline effectuée par les chevaux : les chevaux de saut d'obstacle ont des séquences d'attention plus longues que les chevaux de concours complet. Les chevaux de concours complet ont une structure d'attention qui s'articule autour de séquences courtes et fréquentes et présentent des indices de performances en compétition plus élevés. Des caractéristiques intrinsèques comme la race ou le sexe des chevaux ont un impact sur la qualité d'attention allouée au stimulus et le maintien de l'attention au cours des jours de test.

Conclusion : La race ou le sexe des individus semblent moduler la qualité et la quantité d'attention allouée au stimulus visuel. La discipline pour laquelle les chevaux sont entrainés a un impact sur la structure de l'attention. Cette structure peut être prédictive des performances des chevaux en compétition. Le test d'attention visuel met donc en évidence l'impact de facteurs intrinsèques et extrinsèques du cheval sur ses caractéristiques attentionnelles et permet d'identifier des caractéristiques individuelles prédictives de meilleures performances en compétition.

Manuscrit en préparation

Manuscript in preparation

Attention and performance in sport horses: The impact of different factors

Material & Methods

1. Ethical statement

This study was approved by the French national ethics committee (Animal utilization protocol number: 33, 12-2013-12). Experiments complied with the current French laws related to animal experimentation and were in accordance with the European directive 2013/118/CEE. This experiment only included behavioural observations and non-invasive contacts with the horses. Animal husbandry and care were under management of the staff of the Ecole Nationale d'Equitation.

2. Animals

Seventeen horses (10 males, 7 mares), aged from 7 to 12 years ($\overline{X}$ ±ES = 8.1±1.6) were tested at the Ecole Nationale d'Equitation of Saumur (France) in July 2014. They were from two different breeds: Selle Français (n=13) and Anglo Arabian (n=4). They were all maintained in 3x3m individual stables with no contact between horses allowed (*i.e.* plain wall between stables) in the same barn. The horses were fed commercial pellets three times a day (7am, 11:30am and 5pm) and hay twice daily (between 8 to 9am and between 2 to 4 pm). They had water *ad libitum (i.e.* automatic drinker). The horses were used for either jumping (CSO, n=10) or eventing (CCE, n=7) competitions and were competing at different levels: national and international competition (n_{CSO}=4; n_{CCE}=4) or only national competition (n_{CSO}=6; n_{CCE}=3). One caretaker was responsible for a group of 8 to 10 horses and one rider for a group of 3 to 4 horses. Horses were ridden one hour daily in the morning and mostly remained in the stable in the afternoon but.

For each horse, its performance and genetic indices were collected on the French "Haras Nationaux" online database. The performance index (ISO for CSO horses, ICC for CCE horses) is defined as the sum of performances in competition for one year including the age and the environmental effects (*e.g.* competition discipline, competition level, and rider) (Ricard, 2004). For instance: a young horse (*e.g.* 4 years) will not have a similar performance from a technical point of view than an adult horse (*i.e.* a 4 year old horse will be engaged in easier jumping competition levels than a 8 years old horse). The performance indice will be calculated as follow:

ISO= rank in all competitions made by a horse / number of horses in the jumping show / level of the show – age effect

This index is calculated each year (*i.e.* latest index performance in 2013). The highest indice since the horse participated to competitions could also be used (*i.e.* highest performance index). The performance indice allows comparisons between different horses. Horses that reach or exceed indice performance 120 are considered as good horses, when they reach or exceed 140 they are considered as very good horses (Haras nationaux, 2014). Here, the latest and the highest performance indice were noted for each studied horse.

The genetic index (BLUP: BSO for CSO horses, BCC for CCE horses) is defined as all competition performances + performances of all related horses (*e.g.* brothers, sisters, parents…). Genetic index is weighted according to the coefficient of relatedness of the individual. The genetic index defines the ability of a horse to transmit its qualities to its progeny (Langlois, 1975; Langlois & Blouin, 1998).

3. Visual attention test (VA test, for details, see Rochais et al, in prep)

Test settings

Horses' spontaneous visual attention was measured with a circular moving standardized visual stimulus (Ø1cm). A green light issued from a laser pointer (Laser point, PEARL®) was projected on each horse's stall doors during 5 minutes by the same experimenter (CR). The test was performed once a day during 2 consecutive days and at randomly chosen periods of the day (from 10 am to 5 pm) to minimize the impact of environmental factors as the activity in the barn varied among the day. The procedure was as follows:

- the experimenter entered the stall, approached the animal, equipped it with a halter and a rope and then placed it gently in front of the stall door.
- the horse was then left unrestrained (the rope being placed over its neck) and hence free of its movements. To limit the human impact, the experimenter (CR) stood motionless in the middle of the stall, facing the stall door, on the left side of the horse and with the arms alongside the body during 2 minutes for horses' habituation to human presence in the stall.
- finally, the light projection was activated by the experimenter after the 2 minutes of habituation and when horse's head was directed towards the stall door. The experimenter expressed round, vertical and horizontal movements with the light.

Tests were videotaped using axis M1054-W camera® mounted on the top of horses' stalls and data were transcribed later.

Behavioural measures

Horses' overall attention towards the stimulus was measured using a continuous focal sampling method (*i.e.* all gazing behaviours of the focal animal were recorded continuously; Altmann, 1974). Reaction time in seconds (*i.e.* time between the first movement of the stimulus and the first horse's gaze towards the stimulus) was scored and used as a measure of *attentional capture*. For subjects that did not gaze towards the stimulus during the test, a maximum reaction time score of 300 seconds was assigned. Gaze was differentiated from glance as a visual fixation which lasted at least one second (Blois-Heulin, 1999). Monocular gaze was defined when horse's head was oriented at less than 45° to the right or to the left with eyes towards the visual stimulus at least one second of gazing fixedly. Binocular gaze was defined when horse's head and both eyes were oriented forward towards the visual stimulus, at least one second of gazing fixedly (Hughes, 1977). The end of a gaze was defined when the horses' head started to move and in 65 % of case horses showed also eye blinking, suggested as a refocusing of attention phenomenon (Lampe & Andre, 2012; Evinger, 1995).

In order to examine the structure of overall attention, we scored the *number of gazing sequences* (*i.e.* number of times where horses gazed towards the stimulus during the 5-minute test), the *duration of each gazing sequence* (in seconds) and the attention fragmentation indices corresponding to a ratio *number of gazing sequences / total duration of gazes within 5 minutes of test*. The *total duration of gazes* towards the stimulus was then evaluated (*i.e.* sum of all duration of each gazing sequence during the 5-minute test). Within the overall visual attention, emphasis was also placed on "fixed attention" as described in the literature as a higher level of attention (Waring, 2003). In such cases, all sensory organs are converging towards the stimulus leading to: a) the use of the binocular visual field (Harman *et al.*, 1999), b) both ears pointed towards the stimulus (Wathan & McComb, 2014), c) and the complete immobility of the horse's body (Waring, 2003). Thus, the *number of fixed attention sequences*, the *duration of each fixed attention sequence (in seconds), the fixed attention's fragmentation indices fixed gazing sequences / total duration of fixed gazes (in number/seconds),* as well as the *total duration of fixed attention* (*i.e.* sum of each fixed attention sequence, in seconds) were measured. No horse expressed fear behaviours (*i.e.* alert posture associated with dilated nostrils and snorting, elevation of the tail and active walk in the box, Wolff *et al.*, 1997; Kiley-Worthington, 1976), which ensured us that we measured attention *per se*.

4. Statistical analysis

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel & Castellan, 1988). In order to evaluate variability among individuals, the coefficient of inter-individual variation was calculated (CV=standard deviation/mean x 100) for each attention variable (Barlow, 1968). Overall and fixed attention changes and stability over the 2 testing days were evaluated using Wilcoxon signed-rank tests and Spearman's correlation respectively. Mann-Whitney U-tests were used in order to identify environmental (*i.e.* caretaker, disciplines, level of competition) impact on attention. No impact of caretaker and competition level was found (Mann-Whitney U-test, $p>0.05$ for all variables), so data were pooled for horses having different caretakers and different competition level. Mann-Whitney U-tests were also used in order to evaluate intrinsic (*i.e.* breeds, gender and age: older horses: > 7 years old; younger horses: < 7 years old) impact on attention. All analyses were first conducted on all individuals and then at the CSO and CCE groups level. Relationships between overall and fixed attention and horses' performance and genetic index were evaluated using Spearman's correlation tests. These analyses were run with Statistica 7.1 software © (accepted *p* level at 0.05). Descriptive statistics are means ($\overline{X}$) followed by standard deviations.

Results

1. Attention in the VA test

1.1. Attention on the first day of testing

All horses gazed at least once towards the visual stimulus on the first day and 11/17 horses exhibited at least one sequence of fixed attention. On the first testing day, reaction times ranged between 0.6 and 139.7 seconds ($\overline{X}$ ±ES = 22.7±8.8s), with most of horses (N=10) gazing at the stimulus within 7 seconds. The total duration of attention during the 5 minutes of test varied between 5.3 and 79.3 seconds ($\overline{X}$ ±ES = 21.3±4.4s). The number of attention sequences varied between 2.0 and 28.0 sequences ($\overline{X}$ ±ES = 7.2±1.4). Their mean duration was between 1.6 and 5.5 seconds ($\overline{X}$ ±ES = 2.9±0.2s). In all cases (overall and fixed attention), the duration of sequences was mostly of a few seconds. The fragmentation indices varied between 0.2 and 0.6 ($\overline{X}$ ±ES = 0.4±0.03) (Table I).

Individual variations in reaction times and total duration of overall and fixed attention were nevertheless important (CV=159.7%, 84.7 %, 136.1%, respectively). The lowest inter-individual variations were observed for the mean duration of attention sequences and the attention's fragmentation indices (Table I).

Table I. **Characteristics of attention's behaviours** on the first testing day.

		Overall attention				Fixed attention			
	Reaction time (s)	Number of sequences (nb)	Duration sequences (s)	Total duration (s)	Fragmentation indices	Number of Sequences (nb)	Duration sequences (s)	Total duration (s)	Fragmentation indices
mean±SE	22.7±8.8	7.2±1.4	2.9±0.2	21.3±4.4	0.4±0.03	1.5±0.5	1.9±0.4	6.5±2.1	0.1±0.04
Cv (%)	159.7	82.6	32.2	84.7	28.4	138.9	97.6	136.1	118.1
Min	0.6	2.0	1.6	5.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
max	139.7	28	5.5	79.3	0.6	7.0	5.8	27.0	0.5

1.2.Attention over the 2 days of testing

Fourteen horses gazed at least once towards the visual stimulus on the second day and 6 horses exhibited at least one sequence of fixed attention. No variation of total or fixed attention was observed between the 2 days of testing (Wilcoxon signed-rank test, $p>0.05$ for all). There was some individual stability over the 2 days of testing, particularly for fixed attention: the total duration of fixed attention and the attention's fragmentation indices were positively correlated (Spearman's correlation test: D1/D2: N=17, *duration of fixed attention*: rs= 0.58, p=0.013; *attention's fragmentation indices*: rs= 0.58, p=0.004).

2. Intrinsic factors of modulation

2.1. Genetic factors

The BLUP (genetic indice) ranged between 3 and 17 ($\overline{X}$ ±ES = 10.6±1.1). No difference was found between CCE and CSO horses (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=, $\overline{X}_{CSO}$=11.2±1.4; $\overline{X}_{CCE}$=9.7±1.6; U=28; p= 0.53), nor any correlation with attention parameters (Spearman's correlation, $p>0.05$ for all).

The Anglo Arabian horses showed higher number of overall and fixed attention sequences than the French saddlebreds horses on the first day of testing (Mann-Whitney U-test, N_{AA}=4, N_{FS}=13, *number of overall attention sequences*: $\overline{X}_{AA}$: 17.0±6.1; $\overline{X}_{SF}$: 7.2±0.9; U= 4; p=0.03, *number of fixed attention sequences:* $\overline{X}_{AA}$: 5.2±1.9; $\overline{X}_{SF}$: 1.9±0.7; U= 5; p=0.05). Within the CCE horses, the Anglo Arabian horses tended to show more fixed attention than the French saddlebreds horses (Mann-Whitney U-test, N_{AA}=4, N_{FS}=3, *total duration of fixed attention*: $\overline{X}_{AA}$: 7.2±2.8; $\overline{X}_{SF}$: 0.0±0.0; U= 0; p=0.057, *duration of sequences*: $\overline{X}_{AA}$: 2.2±0.4; $\overline{X}_{SF}$: 0.0±0.0; U= 0; p= 0.057).

2.2. Sex and age

Gelding and female attention did not differ on the first day of testing (Mann-Whitney U test, $p>0.05$ for all). But, on day 2, the females showed a longer duration of attention (Mann-Whitney U-test, $N_{♀}$= 7, $N_{♂}$=10; $\overline{X}_{♀}$: 24.6±7.5; $\overline{X}_{♂}$: 5.4±2.3; U= 9; p= 0.01), associated with a higher number of sequences (Mann-Whitney U-test, $N_{♀}$= 7, $N_{♂}$=10; $\overline{X}_{♀}$: 7.0±2.0; $\overline{X}_{♂}$: 2.5±0.9; U= 11; p= 0.02) and a longer sequences durations (Mann-Whitney U-

test, $N_{♀}$= 7, $N_{♂}$=10; $\overline{X}_{♀}$: 3.4±0.8; $\overline{X}_{♂}$: 1.4±0.4; U= 8; p= 0.01). Within disciplines, CCE females showed longer reaction times towards the visual stimulus on the first day of testing compared to the CCE males (Mann-Whitney U test, $N_{♀}$= 3, $N_{♂}$=4; $\overline{X}_{♀}$: 21.1±7.9; $\overline{X}_{♂}$: 2.1±0.9; U= 0; p= 0.05).

No difference was found between younger and older horses (7< years and >7 years), whether CSO or CCE were pooled or test separately (Mann-Whitney U test, p>0.05 for all).

3. Attention and equitation

3.1. Differences according to the riding discipline

Differences in attentional characteristics were observed according to the riding discipline. On day 1, CSO horses had a higher duration of attention sequences (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{CSO}$: 3.3±0.3; $\overline{X}_{CCE}$: 2.3±0.2; U= 7; p= 0.005) and a lower fragmentation indice (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{CSO}$: 0.3±0.02; $\overline{X}_{CCE}$: 0.4±0.04; U= 8; p= 0.007) than CCE horses (Fig. 1). The same pattern was found on the second day of testing (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, *duration of sequences*: $\overline{X}_{CSO}$: 2.2±0.7; $\overline{X}_{CCE}$: 1.3±0.4; U= 7; p= 0.005*; fragmentation indices*: $\overline{X}_{CSO}$: 0.2±0.06; $\overline{X}_{CCE}$: 0.1±0.06; U= 5; p= 0.002). No difference in fixed attention was found according to the riding discipline (Mann-Whitney U-test, p>0.05 for all). So eventing horses showed higher attention fragmentation and gaze towards the stimulus for lower time compared to CCE horses (Fig. 1).

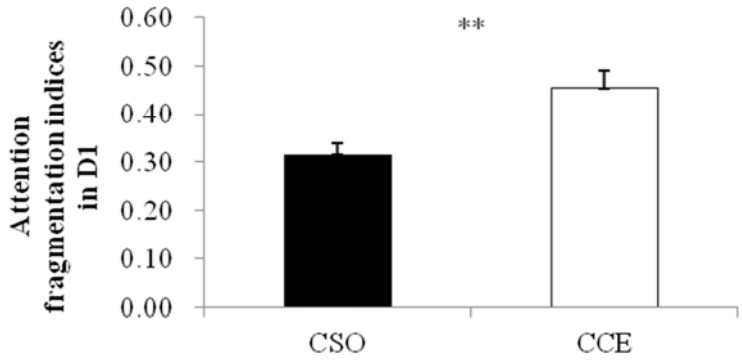


Figure 1: O**verall attention structure on the first day of testing**: CSO horses (N=10) showed lower fragmentation of overall total duration of attention than CCE horses (N=7) as revealed by the fragmentation indices of attention. Errors bars represent standard errors. Mann-Whitney U-test, ** p<0.01.

3.2. Attention and performances

The highest performance indice for each horse ranged between 104.0 and 144.0 ($\overline{X}$ ±ES = 125.0±2.6) (Fig. 2). But it appeared that CCE horses had a higher performance indice than CSO horses (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{CSO}$=119.3±8.9; $\overline{X}_{CCE}$=133.0±8.2; U=8; p= 0.007). The same was found for the latest indice performance (Mann-Whitney U-test, N_{CSO}=10, N_{CCE}=7, $\overline{X}_{CSO}$=114.3±8.9; $\overline{X}_{CCE}$=127.3±8.1; Mann-Whitney U-test, U= 10.5; p= 0.01).

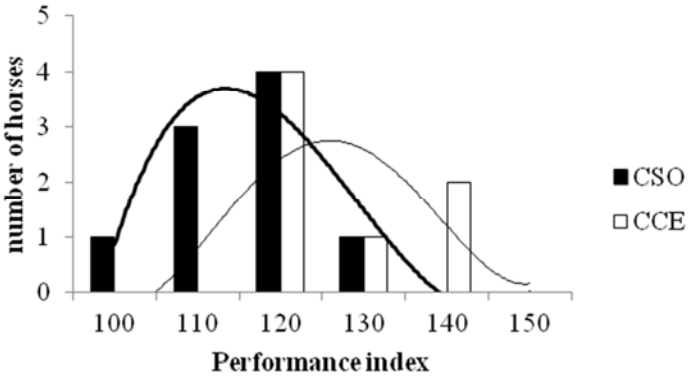


Figure 2: Highest **performance indice** distribution according to the horses' discipline (CSO and CCE).

A positive correlation was found between the overall attention fragmentation indices and the latest performance indice (Spearman's correlation test, N=17, rs=0.47, p=0.05) revealing that the more the attention was fragmented, the higher the index of performance was. Furthermore, the number of overall attention sequences on day 1 was correlated with the latest index of performance for the CCE horses (Spearman's correlation test, N=7, rs=0.73, p=0.05) (Fig. 3).

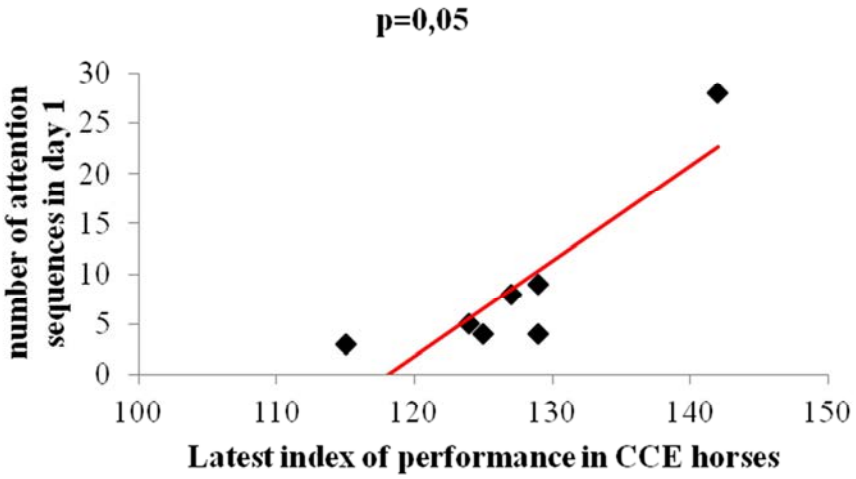


Figure 3: Correlation between **latest performance index** for CCE horses and the **number of overall attention sequences**, Spearman's correlation test, * p<0.001.

Conclusion

This first study, although performed on a limited number of horses reveals that intrinsic factors such as breed and gender may play a role on horses' attentional characteristics. Anglo Arabian horses were more inclined to express fixed attention, suggesting breed impact on type of attention exhibited. The females maintained a higher attention through testing days. No impact of the age of animals was found. These first results need to be confirmed by testing a higher number of horses. However, a strong relationship was found between horses' work discipline and the horses' attention structure in the VA test. Thus, more fragmentation of attention in the experimental test appeared to be linked with higher performance in competition. These results strongly suggest an impact of riding training on horses' attentional characteristics. This study contributes to disentangle impact of intrinsic and environmental factors on horses' attention modulation. It could be the first step towards understanding the relative impact of intrinsic and/or environmental factors in determining individual attentional characteristics.

Discussion

Les résultats obtenus au cours de ces études indiquent que les caractéristiques attentionnelles du cheval en contexte expérimental peuvent prédire **l'attention** et la **distractibilité** du cheval dans divers contextes de travail, que ce soit lors de séances d'équitation ou lors de travail à pied. Par ailleurs, les caractéristiques attentionnelles apparaissent être modulées par des facteurs **intrinsèques** (*i.e.* race, sexe) et **extrinsèques** (*i.e.* discipline d'équitation pour laquelle les chevaux sont entrainés). La structure de l'attention lors du test d'attention visuelle semble prédire les performances chevaux en **compétition**.

Evaluation de l'attention des chevaux et relation avec un contexte de travail

L'approche par questionnaire a permis de « classer » les chevaux en fonction de leur attention ou leur distractibilité lors des séances d'équitation. Le taux d'agrément entre les enseignants était particulièrement bon, suggérant une assez grande stabilité des chevaux lors des séances d'équitation. Ainsi, la description objective des comportements reflétant l'attention ou la distractibilité dans le questionnaire a permis de bien caractériser les chevaux (Mills, 1998). L'utilisation d'une méthode se basant sur une « ligne d'évaluation croissante» (*i.e.* chaque caractéristique comportementale pouvant être évaluée comme ayant lieu de « jamais » à « toujours ») s'avère être plus représentative que l'utilisation de méthodes caractérisant les individus comme bon ou mauvais pour une caractéristique comportementale donnée (Rundgren & Nordin, 1997).

Les chevaux présentant des durées d'attention fixe plus importantes lors du test d'attention visuelle sont caractérisés comme plus attentifs par les enseignants du centre-équestre. Ces résultats confirment que les caractéristiques attentionnelles lors du VA test peuvent prédire non seulement de meilleures performances d'attention, d'apprentissage et de mémorisation en contexte expérimental (*cf* **chapitre 3**) mais aussi de meilleures performances attentionnelles dans les conditions habituelles de travail du cheval. Par ailleurs, il apparait qu'un niveau d'attention plus élevé, caractérisé par une utilisation du champ binoculaire associée à une orientation des oreilles, de la tête et de l'encolure vers le stimulus de manière fixe serait la forme d'attention la plus prédictive de meilleures performances attentionnelles lors de séances d'équitation en centre-équestre. Cette forme d'attention fixe pourrait correspondre à l'attention soutenue définie chez l'homme comme la capacité à maintenir une

réponse comportementale constante envers un stimulus de l'environnement au cours du temps (Sohlberg & Mateer, 2001). Or, les reprises d'équitation en centre-équestre durent en général une heure, ce qui nécessite pour les chevaux, la capacité à maintenir leur attention envers les ordres du cavalier au cours du temps.

Evaluation de la distractibilité des chevaux et relation avec un contexte de travail

Lors des séances d'équitation, les chevaux doivent continuer à répondre aux ordres du cavalier, et éventuellement du moniteur, sans être distraits par les stimuli environnementaux (Lansade, 2005). Les chevaux présentant des durées d'attention fixe plus importantes lors du test d'attention auditive sont caractérisés comme plus facilement distraits par les enseignants du centre-équestre. Ces résultats confirment les liens identifiés au cours du chapitre 3, où les chevaux les moins attentifs lors du test d'attention visuelle et lors du test du 5-CSRTT présentaient des durées d'attention plus importantes lors du test d'attention auditive. La réaction et l'attention envers des stimuli auditifs sont donc bien prédictives de la distractibilité des chevaux. La distractibilité est définie comme « des changements involontaires d'attention entrainés par des évènements inattendus » (Horváth, 2014). Lors du test d'attention visuelle, le stimulus est diffusé pendant 5 minutes, ce qui permet d'évaluer la capacité des chevaux à être attentifs pendant cet intervalle de temps en continu. Les stimuli auditifs ne sont diffusés que pendant 3 secondes et non associés à un évènement visuel dans l'environnement, pouvant entrainer une recherche de localisation spatiale du stimulus (Caporello Bluvas & Gentner, 2013), reflétant potentiellement une forme de distractibilité. Chez l'homme ou chez l'animal, la distractibilité est généralement associée en contexte expérimental à une diminution des performances attentionnelles ou d'apprentissage envers une tâche en cours d'exécution et serait attribuée à un faible contrôle inhibiteur de l'attention envers des stimuli « distracteurs » (*e.g.* homme: Duchek *et al.,* 1998; chien: Snigdha *et al.,* 2012). Les individus plus attentifs envers les stimuli auditifs pourraient donc présenter des perturbations des capacités à filtrer les stimuli non pertinents de l'environnement (Sohlberg & Mateer, 2001; Maquestiaux, 2013).

Réflexions méthodologiques

D'un point de vue méthodologique, le test d'attention auditive consiste en la diffusion de différents stimuli auditifs dans les conditions de vie habituelles des chevaux (pour une même méthodologie voir aussi Noble *et al.*, 2013). Dans ce contexte, les chevaux ne sont pas impliqués dans une tâche d'attention ou d'apprentissage au préalable. Cette méthodologie ne permet donc pas d'évaluer une baisse de performance attentionnelle ou d'apprentissage vers

une tâche donnée. Cependant, la diffusion des stimuli auditifs permet de refléter une sollicitation de l'attention plus naturelle, pouvant avoir lieu dans les conditions de vie habituelles des chevaux et notamment au travail. Les différences individuelles de durées d'attention dans ce test pourraient dépendre de la valence émotionnelle (*e.g.* positive ou négative) que les individus peuvent attribuer aux stimuli. L'orientation de l'attention vers des stimuli perçus comme effrayants peut être plus rapide (*e.g.* Armony & Dolan, 2002) et la durée d'attention plus importante (*e.g.* (Welp *et al.*, 2004; Wolff *et al.*, 1997; Lansade *et al.*, 2008a). Il en est de même lors de la diffusion de stimuli familiers (non effrayants) où les individus peuvent présenter des durées d'attention plus importantes vers des vocalisations de congénères familiers (Lemasson *et al.*, 2009; Basile *et al.*, 2009). L'identification d'une fenêtre de durée d'attention optimale pourrait mettre en évidence des profils individuels potentiellement influencés par des caractéristiques intrinsèques (*e.g.* traits de tempérament ; état de bien-être). Par exemple, l'absence d'attention envers des stimuli auditifs pourrait refléter une baisse de réactivité globale envers des stimuli environnementaux retrouvée chez des individus en état de mal-être (homme: Kemp *et al.*, 2010; animal: Broom, 1987; Fureix *et al.*, 2012) (*cf* **chapitre 4**).

Si l'attention accordée à un stimulus auditif peut dépendre des caractéristiques de l'individu receveur, il est également possible que certaines caractéristiques du stimulus lui-même aient un impact sur le niveau d'attention. L'attention peut dépendre des propriétés acoustiques immédiates des stimuli (Caporello Bluvas & Gentner, 2013). Dans nos études, les caractéristiques acoustiques des stimuli différaient, cependant les durées d'attention à l'échelle populationnelle ne différaient pas entre les stimuli. Les conditions de vie des chevaux de centre-équestre n'offrant que très peu de possibilité de stimulations nouvelles (Fureix *et al.*, 2012), ces individus ont peut-être perçu l'ensemble des stimuli comme étant inhabituels, sans distinguer leurs caractéristiques acoustiques ou leur pertinence.

Ces différents résultats ouvrent des pistes de réflexion quant au traitement des informations par les chevaux en fonction de la modalité des stimuli. A l'état naturel, les chevaux sont confrontés à des stimuli de différentes modalités (*i.e.* visuelle, auditive, tactile, olfactive). Le traitement des informations environnementales est majoritairement effectué de manière multimodale (Waring, 2003). Mais le traitement d'informations plus fines telles que des indices de communication lors d'interactions sociales nécessite une attention sélective des chevaux envers des indices qui peuvent être de différentes modalités. Par exemple, les chevaux sont capables d'être attentifs de manière sélective aux changements de postures

subtils de leurs congénères (*e.g.* oreilles, modalité visuelle) (Wathan & McComb, 2014) mais aussi aux vocalisations de congénères (modalité auditive) (Lemasson *et al.*, 2009). Il serait donc intéressant de diffuser des stimuli auditifs pendant une période de temps plus longue (*e.g.* 5 minutes comme lors du VA test) afin d'évaluer le maintien d'une attention soutenue envers un stimulus auditif au cours du temps ou de ne diffuser un stimulus visuel que pendant un intervalle de temps très court (*e.g.* 3 secondes comme lors du AA test).

La concordance entre les caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental et l'évaluation de l'attention lors des séances d'équitation (**articles 6 et 7**) constitue une autre preuve de validité des tests expérimentaux mis en place (*cf* **chapitre 3**) (Le Scolan *et al.*, 1997; Visser *et al.*, 2003c). Cette méthodologie permet d'appuyer la stabilité des items comportementaux mesurés dans différentes situations (contexte expérimental ou spontané), et ce quelle que soit la méthode d'évaluation de l'attention au travail (*i.e. via* des enquêtes par questionnaires aux utilisateurs ou *via* des observations directes) ou la population de chevaux testée (*i.e.* chevaux de centre-équestre ou chevaux d'élevage).

Facteurs de modulation de l'attention du cheval : caractéristiques intrinsèques

Dans nos deux premières études (**article 6 et 7**), aucune différence de caractéristiques attentionnelles n'est apparue en fonction de la race, du sexe et de l'âge des individus. Dans notre 3ème étude (**article 8**), des différences d'attention apparaissent en fonction des caractéristiques intrinsèques (*i.e.* race et sexe) des chevaux. Les chevaux Anglo-arabe étaient plus enclins à exprimer une forme d'attention fixe par rapport aux chevaux Selle-Français. Si cette forme d'attention correspond à un niveau d'attention plus élevé (Waring, 2003), les anglo-arabes observés dans cette étude pourraient potentiellement être caractérisés par une capacité à être attentifs de manière plus soutenue que les Selle-français. Toutefois, à ce stade de l'étude, nous ne pouvons pas tirer de conclusion claire sur des différences attentionnelles dues à la race des chevaux *per se*, le nombre d'individus issus de races différentes étant très restreint dans notre étude. Par ailleurs, des différences ont été identifiées en fonction du sexe des individus. Lors du deuxième jour de VA test, les femelles présentaient des durées d'attention plus importantes que les mâles. Les femelles auraient donc des capacités à maintenir leur attention au cours du temps plus importantes que les mâles. Là encore, il serait nécessaire d'étayer ces résultats par d'autres études sur un plus grand nombre de chevaux.

Facteurs de modulation de l'attention du cheval : caractéristiques extrinsèques

Les résultats de notre troisième étude (**article 8**) indiquent des différences de pattern attentionnel entre les chevaux de saut d'obstacle (CSO) et les chevaux de concours complet (CCE) lors du VA test. Les chevaux de CCE ont une structure d'attention plus fragmentée que les chevaux de CSO. Ces résultats confirment l'impact de la discipline d'équitation sur le comportement du cheval en dehors de la situation de travail (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). Une première explication pourrait être que les chevaux de CCE, confrontés à de nombreux stimuli environnementaux en compétition (lors de l'épreuve de cross) seraient plus enclins à allouer leur attention à ces différents stimuli et ainsi changer d'orientation d'attention rapidement. Par ailleurs, lors des épreuves de cross, les chevaux sont confrontés à des obstacles difficiles et différents, leur demandant adaptation et flexibilité. Les chevaux doivent être attentifs à l'environnement et avoir une alternance de regard vers l'obstacle pour mieux le caractériser. D' autre part, le concours complet comprend des épreuves de saut d'obstacle, de dressage et de cross, impliquant un entrainement précis pour chaque discipline, nécessitant aussi des capacités à changer d'orientation d'attention rapidement. L'équitation pourrait donc être un facteur de modulation de l'état attentionnel du cheval au vu des différences de caractéristiques attentionnelles entre disciplines.

Parmi les chevaux de CCE, il apparait que les chevaux ayant une attention plus fragmentée lors du test d'attention visuelle ont des indices de performance en compétition plus important. Une seconde explication pourrait donc être que les chevaux initialement plus enclins à changer d'orientation d'attention rapidement auraient été sélectionnés pour effectuer une discipline comme le concours complet. Cette discipline nécessitant une fragmentation de l'attention, les chevaux présentant ce pattern auraient ainsi de meilleures performances en compétition. En effet, la pratique d'une discipline particulière nécessite non seulement que les capacités physiques mais aussi la personnalité et les capacités cognitives soient adaptées au type de discipline effectué (Visser *et al.*, 2003a). Or, en France, la sélection se fait majoritairement sur les performances en compétition directement à l'échelle de l'individu ou en incluant les performances d'individus apparentés (Ricard & Chanu, 2001; Ricard, 2004). Puisque qu'il apparait que les individus présentant une fragmentation de l'attention plus marquée lors du test d'attention visuelle ont de meilleures performances en compétition, évaluer le comportement et les capacités cognitives (comme l'attention) des chevaux, au préalable, hors contexte de travail, pourrait prédire, dans une certaine mesure, les performances des chevaux en compétition. Les chevaux pourraient ainsi être sélectionnés en fonction de ces caractéristiques comportementales et cognitives.

A ce stade il est difficile de distinguer les effets du travail de ceux de la sélection éventuelle des chevaux pour ce travail (Hausberger *et al.*, 2004). Cependant, l'absence de relation entre les indices génétiques des chevaux et leurs caractéristiques attentionnelles suggère plutôt un effet prédominant du travail *per se* sur l'attention des chevaux. L'équitation apparaît donc être un facteur prépondérant pour moduler le comportement du cheval, puisque des différences en fonction de la discipline effectuée ont pu être identifiées en termes de bien être (*i.e.* expression plus fréquente de stéréotypies chez des chevaux de dressage : Hausberger *et al.*, 2009), de tempérament / personnalité (*i.e.* les chevaux de dressage étant plus émotifs que des chevaux d'obstacle, de concours complet, de voltige ou de loisir : Hausberger *et al.*, 2004, 2011; von Borstel *et al.*, 2009) et de capacités cognitives telles que l'apprentissage (Hausberger *et al.*, 2011) et l'attention.

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de ces études indiquent que les caractéristiques attentionnelles du cheval en **contexte expérimental** peuvent non seulement **prédire** les capacités d'attention, d'apprentissage et de mémorisation dans d'autres contextes expérimentaux mais aussi l'attention et la distractibilité du cheval dans divers contextes de travail, que ce soit lors de **séances d'équitation**, lors de **travail à pied** ou lors de **compétitions**. La concordance entre les caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental et l'évaluation de l'attention au travail quelle que soit la méthode d'évaluation de l'attention (*i.e. via* des questionnaires ou *via* des indices de performance) constitue une autre preuve de validité du VA test (*cf* **Chapitre 3**) et renforce l'évaluation de la distractibilité *via* l'utilisation du AA test. Par ailleurs, lors du VA test, une structure de l'attention articulée autour de séquences courtes et nombreuses, mais aussi une forme d'attention plus soutenue (*i.e.* attention fixe) s'avèrent être les variables les plus prédictives de meilleurs performances au travail. Les caractéristiques attentionnelles apparaissent être **modulées** par des facteurs intrinsèques (*i.e.* **race, sexe**) et extrinsèques (*i.e.* **discipline d'équitation** pour laquelle les chevaux sont entrainés). L'absence de relation entre les indices génétiques des chevaux et leurs caractéristiques attentionnelles suggère un effet du type de travail plutôt qu'un effet de sélection des chevaux. L'utilisation du test d'attention visuelle et du test d'attention auditive permettra de proposer **des choix d'animaux** (*e.g.* adaptés pour une discipline donnée), des **stratégies d'éducation** (*e.g.* environnement calme pour des chevaux évalués comme distraits) permettant de promouvoir l'attention du cheval au travail et donc sa **valorisation**. Si

l'attention se révèle être un critère de choix d'un animal, identifier des outils pour améliorer les capacités attentionnelles pourrait permettre d'optimiser les performances des chevaux au travail (*cf* **chapitre 6**). L'utilisation de ces outils permettrait d'améliorer l'attention des chevaux depuis la phase d'éducation jusqu'à l'entrainement pour la compétition.



Chapitre 6

Impact des actions de l'homme sur l'attention du cheval



6. IMPACT DES ACTIONS DE L'HOMME

Introduction

L'attention d'un individu apparait résulter d'une interaction entre plusieurs facteurs. Certains peuvent être propres aux individus, comme l'âge (cheval : Rapin *et al.*, 2007 ; chiens : Wallis *et al.*, 2014 ; homme : Cepeda *et al.*, 2001) ou le sexe (Lansade et al., 2008b)homme : Karalunas *et al.*, 2014), d'autres sont extrinsèques, tels que les conditions de vie (*cf* **chapitre 4**). Chez le cheval, certains individus semblent plus attentifs que d'autres, que ce soit en conditions expérimentales (*cf* **chapitre 3**) ou au travail (*cf* **chapitre 5**). Or, par ses actions, l'homme peut modifier le comportement général de l'animal et donc potentiellement avoir un impact sur les capacités cognitives (*e.g.* capacités attentionnelles) de celui-ci.

Impact de la relation à l'homme sur le comportement de l'animal

L'expérience acquise avec l'homme joue un rôle majeur dans les réactions ultérieures des animaux à son égard. Des variations entre élevages, dans le nombre, la durée, la période et la nature des interactions avec les soigneurs, seraient à l'origine des différences de réactions envers l'homme observées chez les animaux (Hemsworth & Coleman, 2010; Hausberger *et al.*, 2004). La nature positive / neutre / aversive des interactions influence clairement la réactivité subséquente des animaux (Waiblinger *et al.*, 2006; Hausberger *et al.*, 2008). Ainsi, des interactions négatives (*e.g.* intervention vétérinaire) induisent chez l'animal des réactions de stress et d'évitement de l'homme (*e.g.* bovins : Hemsworth *et al.*, 2000; Lensink *et al.*, 2001; Breuer *et al.*, 2003; porcs: Hemsworth & Barnett, 1991; chevaux: Henry *et al.*, 2006; Hausberger *et al.*, 2008). A l'inverse, des interactions positives (*e.g.* nourrissage) induisent une recherche de proximité et de contact par l'animal, qui reflète une perception de l'homme en tant que stimulus rassurant et source d'émotions plaisantes (*e.g.* bovins : Lensink *et al.*, 2000b, 2000a; Waiblinger *et al.*, 2004; ovins: Boivin *et al.*, 2000; porcs: Tanida *et al.*, 1995; cheval: Hausberger *et al.*, 2008; McDonnell & Poulin, 2002).

Avec l'expérience, une « relation » va progressivement se développer sur la base de ces interactions. Hinde (1979) définit ainsi une relation comme le lien qui émerge progressivement d'une série d'interactions impliquant une même paire d'individus, où le déroulement des interactions passées affecte le résultat des suivantes. Dans ce contexte

théorique, deux individus partageant une relation ont donc, sur la base de leurs expériences passées, des attentes à propos des réponses de l'autre protagoniste. Une majorité d'interactions positives servirait alors de base à l'établissement d'une « bonne » relation à l'homme, tandis qu'une majorité d'interactions négatives induirait une relation à l'homme altérée (Hemsworth, 2003).

Impact de la relation à l'homme sur les performances cognitives

Une relation à l'homme altérée peut entrainer un stress chronique pour l'animal et ainsi avoir un impact sur son état de bien-être / mal-être (Hemsworth, 2003). Or, il a été montré que l'état émotionnel dans lequel se trouve un individu peut influencer ses fonctions cognitives, telles que l'attention, la mémoire et le jugement (Mendl *et al.*, 2009). Chez l'homme par exemple, les personnes dans un état émotionnel négatif (*e.g.* anxieux) ont un biais d'attention vers des stimuli menaçants tels que des images de visage en colère ou des mots négatifs par rapport aux personnes dans un état émotionnel positif (Mogg & Bradley, 1998).

A l'inverse, une interaction avec l'homme positive entrainera un état émotionnel positif pour l'animal. Or, la valence émotionnelle positive d'un stimulus peut jouer un rôle majeur sur l'attention sélective d'un individu (Phelps *et al.*, 2006; Raymond, 2009). Les stimuli ayant une valence positive entrainent une augmentation de la motivation de l'individu à répondre à ces stimulations (*i.e.* tendance intrinsèque à effectuer un comportement particulier, la force de cette tendance augmente avec le temps écoulé depuis la dernière expression de ce comportement, Lorenz, 1950). L'individu répondra alors plus à ces stimulations et ainsi redirigera son attention (Taylor & Fragopanagos, 2005). Pour que l'homme soit perçu comme une source d'émotions positives, ses actions doivent être associées à des stimuli ayant une valence positive pour l'animal (Sankey *et al.*, 2010 a,b,c). La présence d'éléments positifs (*e.g.* récompense alimentaire) à la fin d'une interaction désagréable (*e.g.* manipulation vétérinaire) peut même en contrebalancer l'impact négatif (McDonnell, 2000; Hausberger *et al.*, 2008). Ainsi, la distribution d'une récompense alimentaire chez des primates non humains suite à une prise de sang, permet d'induire rapidement et durablement des comportements coopératifs (*e.g.* tendre spontanément le bras ; Reinhardt, 1991).

La relation préétablie peut influencer les réactions des animaux envers l'homme même lors d'une interaction avec une personne non familière. Différentes espèces domestiques sont

capables de généraliser leurs réactions envers une personne familière à une personne non familière (*e.g.* bovins: Lensink *et al.*, 2000a; porcs: Hemsworth *et al.*, 1994; Tanida *et al.*, 1995; chien: Miklösi *et al.*, 1998; cheval: Hausberger & Muller, 2002; Fureix *et al.*, 2009). Cette généralisation n'est, par ailleurs, pas due à une absence de différenciation des stimuli, puisque les animaux sont aussi capables de discriminer différentes personnes (bovins: Taylor & Davis, 1998; moutons: Boivin *et al.*, 1997; porcs: Koba & Tanida, 2001; chien: Adachi *et al.*, 2007; chat: Podberscek *et al.*, 1991). Cette discrimination entre différentes personnes implique des processus attentionnels. Par exemple, des animaux captifs ou domestiques ont tendance à être plus attentifs à leur entraineur, que ce soit lors d'un entrainement ou en situation neutre (*e.g.* chien: Horn *et al.*, 2012; primates non humains: Anderson, 1998; dauphins: Xitco *et al.*, 2001). Ces processus attentionnels sont aussi probablement impliqués dans la capacité des animaux à mieux apprendre et détecter des signaux subtils de communication chez l'homme tels que l'état attentionnel (*e.g.* chien: Call *et al.*, 2003; grands singes: Kaminski *et al.*, 2004; petits singes: Maille *et al.*, 2012 ; porcs : Nawroth *et al.*, 2013) ou des gestes de pointage (pour une revue : Miklósi & Soproni, 2006).

Actions de l'homme et performances cognitives du cheval

Chez le cheval, plusieurs études ont mis en évidence un impact de la **familiarité de l'homme** sur l'état attentionnel de l'animal (Baragli *et al.*, 2009; Sankey *et al.*, 2010b, 2011). Les chevaux ont tendance à regarder plus souvent et plus longtemps une personne familière qu'une personne non familière dans un contexte neutre (*i.e.* le cheval est confronté à des caractéristiques visuelles, auditives ou olfactives d'une personne familière *versus* non familière) (Lampe & Andre, 2012; Proops & McComb, 2012). Cet aspect a été mis en évidence lors de paradigme de « violation des attentes » : un individu est familiarisé à une situation ou une personne. Puis, l'individu est placé devant une situation qui viole ou non ses attentes par rapport à l'évènement initial. Si la durée du regard de l'individu s'attarde plus sur la situation inattendue, celui-ci présente une mémoire de l'évènement initial, (Burgoon & Hale, 1988). Dans ce type de paradigme, les chevaux vont regarder plus souvent et plus longtemps une personne inconnue remplaçant une personne familière suggérant une discrimination des personnes *via* des processus attentionnels (Sankey *et al.*, 2011 ; Lampe & Andre, 2012). Dans l'étude de Sankey *et al.*, (2011). Les chevaux regardent plus l'expérimentateur qui donne un ordre vocal s'il est non familier, ce que les auteurs interprètent comme une potentielle « surprise » d'entendre un ordre familier de la part d'une

voix non familière. Les auteurs suggèrent aussi que les chevaux essaieraient de percevoir les attentes de cette personne. Le cas bien connu d'Hans « le malin » (Pfungst cité par Waring 2003) illustre aussi les capacités des chevaux à percevoir et utiliser des indices subtils émis par l'homme. Les chevaux apparaissent sensibles à l'état émotionnel de l'homme (Hama *et al.*, 1996; Keeling *et al.*, 2009; Andre *et al.*, subm). Ils sont aussi capables d'utiliser des indices visuels (*e.g.* pointage) émis par l'homme comme sources d'information pour localiser des ressources alimentaires (Maros *et al.*, 2008), et d'utiliser des indices visuels relatifs **à l'état attentionnel de l'homme** (*i.e.* orientation du corps, de la tête et des regards) pour quémander à bon escient de la nourriture (Takimoto & Fujita 2008; Proops & McComb, 2010; Krueger *et al.*, 2011; Proops *et al.*, 2013). Par ailleurs, l'obéissance du cheval, dépendant de son attention sur la tâche, varie en fonction de l'attention visuelle humaine qu'il s'agisse de tâches d'apprentissage (Sankey *et al.*, 2011) ou de marche en main (André *et al.*, soumis).

Motivation et attention

L'obéissance du cheval dépend aussi de la motivation fournie par le contexte d'entrainement. Lors d'apprentissages associatifs, tels qu'un conditionnement opérant, l'animal apprend à faire le lien entre son comportement et un évènement de l'environnement (Thorndike, 1898; Skinner, 1938). L'utilisation de renforcement est l'essence même des apprentissages associatifs : un renforcement est, par définition, un évènement qui entraîne une augmentation de la probabilité d'émission d'une réponse. Cette notion de renforcement est très liée à une motivation sous-jacente. Deux types de renforcements peuvent être distingués:

- des **renforcements positifs** caractérisés par le fait que c'est l'apparition de cet évènement (*e.g.* stimulus appétent) qui augmente la probabilité de la réponse.
- des **renforcements négatifs** caractérisés par le fait que c'est la suppression ou l'évitement d'un évènement (*e.g.* stimulus aversif) qui augmente la probabilité de la réponse.

Le renforcement primaire correspond à des renforcements directement liés à des besoins organiques (nourriture, boisson, partenaire social ou sexuel), alors que les renforcements secondaires correspondent à des stimuli (*e.g.* voix) qui ont acquis leur pouvoir renforçateur par association préalable avec un renforcement primaire. Néanmoins, la plupart des études montrent que le pouvoir renforçateur du renforcement secondaire reste moins efficace que celui du renforcement primaire (Le Ny, 1975, Sankey *et al.*, 2010a).

Chez le cheval, lors d'une tâche d'apprentissage, l'obéissance apparait maximale lors de l'utilisation d'un renforcement positif primaire (*i.e.* récompense alimentaire) (Sankey *et al.*, 2010a, 2010b, 2010c). De plus, l'utilisation d'un renforcement positif améliore non seulement l'apprentissage et la mémorisation d'une tâche donnée (Sankey *et al.*, 2010b), mais aussi la relation homme-cheval à court et à long termes (Sankey *et al.*, 2010a, 2010b). Ces processus pourraient être liés à la présence d'émotions positives engendrées par la valence positive de la situation. Des stimuli comme des récompenses alimentaires possédant une valence émotionnelle positive peuvent augmenter la motivation d'un individu pour effectuer la tâche associée à ces stimuli (Taylor & Fragopanagos, 2005). Selon Lorenz (1950), la motivation se réfère à "une tendance intrinsèque à effectuer un comportement particulier, la force de cette tendance augmente avec le temps écoulé depuis la dernière expression de ce comportement". Ainsi, un état émotionnel positif peut être décrit comme « moteur » de motivation pour l'expression de comportements (Fraser & Duncan, 1998). Les stimuli ayant une valence positive entrainent une augmentation de la motivation de l'individu à répondre à ces stimulations et ainsi une redirection de l'attention permettant une amélioration de l'apprentissage et de la mémorisation de la tâche (Taylor & Fragopanagos, 2005 ; Krapp, 1999). Il semble alors probable que l'action positive du renforcement positif primaire, démontrée précédemment sur les performances d'apprentissage des chevaux et leur relation à l'homme, pourrait être médiée par des processus attentionnels.

D'un point de vue neurophysiologique, le réseau attentionnel antérieur (*cf* **chapitre 1**) correspond au substrat neurobiologique des processus d'attention sélective et comprend les aires du cortex orbitofrontal-ventromédian, le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex cingulaire antérieur, et les noyaux gris centraux, qui facilitent le contrôle volontaire des pensées et des émotions (Posner & Petersen, 1990; Posner & Raichle, 1994). Des processus neuronaux fonctionneraient donc ensemble pour diriger le traitement attentionnel, motivationnel et émotionnel des informations (Henderson & Wachs, 2007). Ces structures sont supposées former la base d'un traitement attentionnel plus important, relié au traitement des informations pertinentes et motivantes pour l'individu, augmentant ses performances d'apprentissage et de mémorisation (Treisman, 1969; Nebel *et al.*, 2005).

Utilisation de renforcement chez le cheval : un constat

Chez le cheval la majorité des méthodes d'entrainement est basée sur l'utilisation du renforcement négatif (*e.g.* cravache) (Waran & Casey, 2005 ; Murphy & Arkins, 2007;

Warren-Smith & McGreevy, 2008). Or, l'utilisation de tels renforcements peut conduire à des conflits de motivation chez l'animal (Mills, 1998), et donc à une situation stressante pouvant avoir un effet inhibiteur sur l'acquisition d'une tâche d'apprentissage (Mendl, 1999). De plus, l'utilisation d'un renforcement négatif peut entrainer une mémoire négative de l'homme à long terme (Sankey *et al.,* 2010b). L'utilisation de renforcements positifs est aussi retrouvée dans la filière équine, mais sous forme de contacts tactiles (Sankey *et al.*, 2010a). Une étude conduite par Feh et de Mazières (1993) a montré qu'un grattage spécifiquement réalisé sur le garrot entraînait une diminution du rythme cardiaque chez des chevaux, suggérant qu'une telle procédure puisse s'apparenter à un renforcement primaire, au même titre que la récompense alimentaire. Cependant, des travaux plus récents montrent que la caresse n'est pas spontanément positive pour le cheval (Henry *et al.,* 2006), et qu'une stimulation tactile (*i.e.* grattage au niveau du garrot) n'améliore pas les performances d'apprentissage ni la relation homme-cheval contrairement à l'utilisation d'un renforcement positif primaire (Sankey *et al.*, 2010a).

L'utilisation de différents types de renforcement apparait donc avoir un impact sur les performances d'apprentissage et la mise en place de la relation homme-cheval. Les processus attentionnels et les performances d'apprentissage étant liés (Krapp, 1999) et l'attention pouvant refléter la construction d'une relation positive (Micheletta & Waller, 2012), les résultats issus des travaux de Sankey *et al.,* (2010 a, b, c) pourraient s'expliquer par la mise en jeu de processus attentionnels. En se basant sur des indicateurs de l'attention décrits précédemment (*i.e.* orientation du regard, des oreilles, de la tête des chevaux, *cf* **chapitre 3**), nous évaluerons au cours de ce chapitre si des processus attentionnels peuvent être impliqués dans la relation entre l'utilisation d'un renforcement et les performances d'apprentissage. Nous nous attacherons à identifier **(i)** l'impact de l'utilisation d'un renforcement positif primaire (*i.e.* nourriture) sur l'attention du cheval **(article 9)**, **(ii)** l'impact du type de renforcement utilisé sur l'attention du cheval **(article 10)**, et **(iii)** les liens entre attention et performances d'apprentissage chez le cheval (**article 9 et 10**). D'un point de vue fondamental, ce chapitre contribue à comprendre les relations entre l'état émotionnel, motivationnel et attentionnel d'un individu et ses performances cognitives (*e.g.* apprentissage). D'un point de vue appliqué, ce chapitre devrait également contribuer à l'élaboration de méthodes d'entrainement plus efficaces.

Synthèse de l'article 9

Questions: L'attention apparait être un élément crucial lors du travail du cheval. Cependant, certains chevaux semblent être plus attentifs que d'autres au travail. Quels outils peuvent permettre d'améliorer l'attention du cheval? Est-ce que l'utilisation d'un renforcement primaire positif peut permettre une augmentation de l'attention du cheval ? Est-ce qu'une augmentation de l'attention peut favoriser de meilleurs performances d'apprentissage et une relation à l'homme positive (Sankey *et al.*, a,b) ?

Méthodes : Quinze jeunes chevaux anglo-arabes ont été entrainés à rester immobiles suite à un ordre vocal (*i.e.* « reste »). La moitié des chevaux ont reçu un renforcement positif primaire (*i.e.* une récompense alimentaire) à chaque fois qu'ils répondaient correctement à l'ordre (groupe PR). Pour l'autre moitié des chevaux aucun renforcement n'a été utilisé (groupe C). L'ensemble des chevaux a été entrainé pendant 5 jours successifs à raison d'une séance d'entrainement quotidienne de 5 minutes. Des indicateurs de l'attention des chevaux (*i.e.* orientation du regard, des oreilles, de la tête et de l'encolure), ainsi que leurs performances d'apprentissage (*i.e.* durée d'immobilité) ont été relevés.

Résultats : L'utilisation d'un renforcement positif primaire est associée à une attention accrue du cheval envers l'entraineur : il le regarde davantage, est plus à l'écoute (direction des oreilles) et recherche plus le contact. A l'inverse, l'absence d'un tel renforcement est associée à davantage d'inattention envers l'homme et plus d'attention dirigée vers les stimuli de l'environnement. Les chevaux entrainés avec un renforcement positif primaire tendent à montrer de meilleures performances d'apprentissage en restant immobiles plus longtemps à la fin de la période d'entrainement.

Conclusion : Cette étude confirme l'hypothèse selon laquelle l'action positive du renforcement positif primaire, démontrée précédemment sur les performances d'apprentissage et la relation à l'homme, pourrait être médiée pas une augmentation de l'attention. L'utilisation d'un renforcement positif primaire permet une plus forte motivation et donc une augmentation de l'attention vers l'entraineur et ainsi vers la tâche à apprendre. Le renforcement positif primaire apparait être un outil pertinent pour améliorer l'attention des chevaux au travail.

Manuscrit soumis pour publication
Manuscript submitted

Domestic horses' (*Equus caballus*) human-directed attention is promoted by positive reinforcement

Brajon Sophie[1], Rochais Céline[1]*, Sankey Carol[1], Henry Séverine[1], Hausberger Martine[1,2]

[1]Université de Rennes 1 - Laboratoire d'éthologie animale et humaine EthoS, - UMR CNRS 6552, Station Biologique, 35380 Paimpont, France
[2]CNRS- UMR 6552, Université de Rennes 1 - Laboratoire d'Éthologie Animale et Humaine EthoS, Campus de Baulieu, 263 avenue du général Leclerc, 35042, Rennes Cedex, France

*Corresponding author:
Céline Rochais
Laboratoire EthoS
UMR CNRS 6552 - Université de Rennes 1
Station Biologique
35380 Paimpont, France.
celine.rochais@univ-rennes1.fr
Tel : +33 (0)2.99.61.81.55.

Abstract

Attention is the first step in many cognitive processes including memorization and learning. Earlier studies showed that the benefits for learning of positive reinforcement were greater than those of negative reinforcement (Sankey et al, 2010*a*). The present study asks whether attention would differ between horses which received food reward as a positive reinforcement (PR) and horses which did not receive any reinforcement (C). Fifteen 1-year old horses were trained to remain immobile for increasing duration (max 30s) in response to the trainer's vocal order; when they succeeded, PR horses (N=8) were rewarded with a palatable food (grain pellets) whereas C horses (N=7) were not rewarded. During each trial, we recorded immobility durations, attentional behaviours (*i.e.* gazes, monitoring and exploratory behaviours) directed towards the trainer ("attentive") and the environment ("distracted"), as well as neck and ears postures (orientation). Positive reinforcement influenced attentional behaviours significantly: PR horses spent more time paying attention to the trainer (*i.e.* gazing at and monitoring the trainer) and oriented their ears towards the environment less frequently than did C horses. Furthermore, more PR horses than C horses reached the highest learning criterion (*i.e.* 30s of immobility). Conversely, when reinforcement lacked, horses appeared to have difficulty to understand or to focus their attention on the task. Our results suggest that the use of positive reinforcement enhances horses' attention on the task. This supports the idea that motivation may act on cognitive performances through increased attentional state. This study contributes to disentangle the relationships between emotional content, motivation and attention.

Key words: Positive reinforcement, attention, horses, training, human-animal relationship.

Introduction

Because social relationships are built on a succession of interactions associated with emotional valences (Hinde 1979), learning (to associate a group member with experience) and attention are involved. Learning has been described as changes in an individual's behaviour resulting from its experience of some conditions or set of circumstances (Chance 1993) and depending on the reinforcing properties of the experience (Domjan and Burkhard 1986). For instance, visual or auditory attention paid to other group members may enable individuals to take better decisions regarding to cooperation, social learning and communication (Krueger and Heinze 2008; Range *et al.* 2009). Since the pioneering work of James (1890) who defined attention as "taking possession by the mind, in a clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought", cognitive research has described attention as a constellation of cognitive processes (Bushnell 1998). Thus, different forms of attention have been identified including sustained attention (*i.e.* the ability to maintain a consistent behavioural response during a continuous and repetitive activity), divided attention (*i.e.* the ability to respond simultaneously to multiple tasks) or selective attention (*i.e.* the ability to maintain a behavioural or cognitive activity in the presence of distracting or competing stimuli) (Sohlberg and Mateer 2001). For the latter, it has been proposed that social contact and social affinities promote selective attention and hence learning by participating in the development of a forebrain sensory area (Cousillas *et al.* 2006; 2008).

Because human-animal relationships require particular cognitive skills such as enhanced attentional states, research in this field provides a good framework to test hypotheses concerning the role of attention during interspecific interactions. Interspecific relationships are based on successions of interactions of given valences that build a positive, neutral or negative type of relation (Hausberger *et al.*, 2008; Hinde 1979; Waiblinger *et al.*, 2006). Due to interactions with humans, domestic animals are sensitive to human cues and able to adjust their behaviour to these cues. For instance, captive or domestic animals tend to pay active visual attention to their familiar trainer both in neutral or training situations (Hattori *et al.*, 2007; Miklósi *et al.*, 2005; Mongillo *et al.*, 2010). Animals like dolphins, whose eyes are in a lateral positions even turn the head to observe their familiar trainer (Xitco *et al.*, 2001; 2004). By this attention, animals can detect human cues such as their attentional state (goats: Kaminski *et al.*, 2005; monkeys: Maille *et al.*, 2012; MacLean and Hare 2012; dogs: Schwab and Huber 2006) or pointing gestures (Kirchhofer et al., 2012; Miklósi and

Soproni, 2006; Mulcahy and Call, 2009; Xitco et al., 2004). Paying attention to a trainer or a conspecific has been shown to improve performances, for example in object-choice tasks (Reid 2009) or in problem-solving tasks (Range *et al.* 2009).

Horses represent a relevant model to study abilities to pay attention to humans. Wild horses live in structured social units and have developed a complex social and communication system (Waring 2003). This complex system implies the ability to detect and select conspecific's communication cues through attentional skills (Mills and McDonnell, 2005). Like other domestic animals, horses are involved in the establishment of relationships with humans, but in addition to the daily basic encounters that Bovidae or Suidae may have (*e.g.*, Waiblinger *et al.*, 2006), they experience other types of interactions such as training (Hausberger *et al.*, 2008) as do dogs (Hiby et al., 2004). Horses are sensitive to human's attentional state (Proops and McComb, 2010; Sankey et al., 2011), cues given by humans (Krueger et al., 2011; Maros et al., 2008; McKinley and Sambrook, 2000) and their familiarity with humans (Lampe and Andre, 2012; Proops and McComb, 2012; Sankey et al., 2011). Although they tend to generalize their experience with humans from familiar to unfamiliar humans (Fureix et al., 2009; Henry et al., 2005; Sankey et al., 2010b), horses still discriminate the familiar trainer from another person (Baragli et al., 2011; Sankey et al., 2011). The positive, neutral or negative valence (as appraised by the horse) of a relationship influences that horse's behaviour (Fureix *et al.*, 2009). Training experience is crucial: the use of positive or negative reinforcement determines a human-horse relationship in the short and in the long term (Sankey *et al.*, 2010*a*, 2010*b*). The use of food as a positive primary reinforcement not only enhances learning and memory of a task, but also learning and memory of positive interactions with humans (Sankey *et al.*, 2010*b*) that could be linked with positive emotions related to the positive valence of the situation. However a recent study revealed a complex pattern relating attention and learning including an "optimal window" of attention promoted by a food reward that facilitated learning whereas too little or too much attention impaired learning performances (Rochais *et al.*, 2014). Stimuli, such as food rewards, carrying a positive emotional charge can increase the representational value of these stimuli and thus enhance motivation to perform the requested response (Taylor and Fragopanagos, 2005). As Lorenz's model of motivation refers to "an intrinsic tendency to perform a particular behaviour, the strength of which increases with time elapsed since that behaviour was last performed" (Lorenz 1950), motivation can be defined as "the strength with which a subject engages in behaviour" (Toates 1986). Thus, positive emotional states can be described as fuelling motivation, driving goal-directed behaviours (Fraser and Duncan, 1998).

Therefore authors suggest that behaviour elicited by anticipation (*i.e.* typical arousal with goal-directed activity, Craig 1917) can yield indirect information about positive animals' emotional states (Boissy et al., 2007; Moe et al., 2014; Spruijt et al., 2001). Food rewards enhance animals' anticipation and motivation to learn and help them to focus their attention on a task (Sankey et al., 2010c).

Moreover, food rewards facilitate horses' bonding with humans (Sankey *et al.*, 2010*c*). Currently, trainers tend to use negative reinforcement (Warren-Smith and McGreevy, 2008)(McGreevy and McLean, 2011) or when they use positive reinforcements they choose tactile contacts, such as patting or scratching their withers to mimic horse-horse interactions (Feh and de Mazières, 1993). However, recent studies show that horses do not perceive this stimulation as a primary reinforcement and that it does not facilitate bonding with humans and/or focusing attention on the task to learn (Rochais et al., 2014; Sankey et al., 2010a). Moreover, a recent study showed that whereas primary rewards increase most individuals' attention and learning performances, the effect of tactile contacts vary according to individual's sensitivity and life experience (Rochais *et al.*, 2014). To estimate relationships between horses' attentional processes and the use of positive reinforcement during a learning task, we focused on horses' attentional indicators during training. The visual (*e.g.* gazes) and auditory (*e.g.* ears orientation) attention patterns of horses that were either trained with a positive reinforcement (PR, food reinforcement) or without any reinforcement (C, control) were investigated. Anticipation (*i.e.* arousal with goal directed activity such as monitoring the trainer) and motivation (*i.e.* the strength with which horses were engaged in waiting before the trainer entered in the arena) for the training course were evaluated at the end of training by evaluating horses' location in the training arena and attention paid towards the trainer before the trainer entered the arena. We hypothesised that the visual and/or auditory attention paid towards the trainer by horses trained with food reinforcements would be higher than that of horses trained without any food reinforcement. From a fundamental perspective, this study contributes to understand relationships between attention, motivation and cognitive performances. It should also contribute to the development of more efficient animal training methods.

Materials and methods

Ethical statement

All experiments complied with current French laws (Centre National de la Recherche Scientifique) related to animal experimentation and were in accordance to the European Communities Council Directives of November 24th, 1986 (86/609/EEC). This experiment involved only behavioural observations and non-invasive contacts with horses. Animal husbandry and care were under the management of the staff of the research station in Chamberet, France.

Subjects

Fifteen yearlings (12 geldings and 3 females), mostly Anglo-Arabian ($N_{Anglo\text{-}arabian}$=11; $N_{unregistered}$= 4) were tested. All horses were born and raised at the 'Station Expérimentale des Haras Nationaux' (SEHN, Chamberet, France), and kept under similar living conditions: prior to weaning (at 6 months), they were kept in large pastures with their dams; after weaning they were kept in pastures in two groups (*i.e.*, 7 or 8 horses randomly distributed concerning their sex and date of birth) for three weeks. Thereafter, the same groups were maintained during winter period in large indoor stalls. Daily human interventions during this period were limited to distribution of hay by caretakers twice a day. Males were castrated by a vet when 7 ± 1 months old. In spring, all horses were released into a large pasture were they fed on grass (no additional food). The experiment was conducted the following summer (July 2011).

Training procedure (see also Sankey et al., 2010a, 2010c)

The procedure was based on that developed by Sankey *et al.,* (2010*a*, 2010*c*). The subjects were trained to remain immobile without being held in response to the vocal command "Reste!" (*i.e.* the French word for "stay still!" in English) for increasing durations (5, 10, 30 seconds). These horses had not been trained to remain immobile in response to the vocal command "reste" before the experiment. Training sessions included several trials and lasted 5 min, with training sessions once a day for 5 consecutive days. Training was performed by a single trainer (CS, woman, long dark hair). During the two remaining days, horses stayed together in a pasture. Before a training session, the horses were pushed gently along fenced pathways from their pasture to a large indoor pen. They were then allowed to enter individually into an adjacent training arena (10.5 x 15 m) separated from the pen and so, they could not touch or see other horses during training. During the experiment, horses would

spontaneously approach the training arena door and the trainer only had to open the door, let one horse enter and positioned herself on the horse's left side, her face directed towards the horse. After a daily's training, the horses were released in collective outdoor pen. At the end of the day, all horses returned to their pasture. The subjects were assigned randomly to one of two training groups according to their sex, breed and sire:

- positive reinforcement group (PR: N = 8): the trainer gave a few cereal pellets by hand to the horse when it responded correctly to her command but only at the end of the required immobility time.

- control group (C: N = 7): the trainer did not give any positive or negative reinforcement and horses simply carried on with the next training steps.

All horses had to fulfil the performance criterion for each step (*i.e.* 5, 10 or 30 seconds' immobility) three times consecutively before training for the next step. For example, a horse had to remain immobile three times consecutively for 5 seconds (step 1), before moving on to the next step (to remain immobile 10 seconds). Horses were not limited in the number of steps they could complete successfully within a training session, which simply ended after 5 min. A trial was considered a failure when the horse moved before the end of the required duration or when it behaved defensively. Between each (succeeded or failed) trial, the trainer walked away around the training arena for 15 ± 5 s. Punishment or negative reinforcements were never used.

Behavioural measurements

The horses' attention during all the training sessions was recorded using both a digital voice recorder equipped with a microphone and a digital video camera (Sony, HDR-XR105 ®). Data were transcribed later. Classical attentional state measurements were collected (Reefmann et al., 2009; Sankey et al., 2011; Xitco et al., 2004): 1) ear posture (*i.e.* axial ear: perpendicular to the head – rump axis; forward ear: tip of the ear towards the front at an angle of more than 30° from the perpendicular; backward ear: tip of the ear towards the back at more than 30° from the perpendicular) and orientation (*i.e.* at least once ear towards the trainer or towards the environment) were scored to estimate auditory attention using 2-second scan sampling, yielding to 150 scans for each subject for each 5 minutes training session (Waring, 2003; Wathan and McComb, 2014); 2) time (in seconds) spent gazing at the trainer during the 5 minutes test, defined as each time the head of the focal horse remained motionless with binocular (*i.e.* horse's head and both eyes were oriented forward towards the trainer; Hughes 1977) or monocular visual field (*i.e.* horse's head was oriented at less than

45° to the right or to the left with eyes towards the trainer) oriented towards the trainer during at least 1 second (Blois-Heulin 1999; Lampe *et al.*, 2012); 3) time (in seconds) spent monitoring the trainer during the 5 minute test, defined as the rotation of head and/or neck at least 45° towards the trainer while the rest of the body remained immobile (Xitco *et al.* 2001; 2004; Sankey *et al.* 2011) ; 4) time (in seconds) spent in contact with the trainer during the 5 minute test and number of occurrences of positive exploratory behaviour directed towards the trainer (*i.e.* licking, sniffing, nibbling, chewing) were recorded to estimate positive interactions with the trainer (Hausberger et al., 2008; Henry et al., 2005; Lansade and Bouissou, 2008) ; 5) horses' location in the training arena (*i.e.* front of the door where the trainer entered the training arena; in the middle of the training arena; at the opposite of the door where the trainer entered the training arena) and horses' gazes and monitoring behaviours towards the trainer were noted as soon as the trainer was visible before she entered in the training arena to estimate horses' anticipation and motivation for the training course (Peters et al., 2012). No agonistic behaviours (*i.e*. ears laid back, biting, kicking, (McDonnell and Haviland, 1995) were observed during any of the training sessions.

Statistical analysis

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel and Castellan, 1988). Average duration of gazes and postures adjustments were calculated and number of positive exploratory behaviours were counted. Friedman tests and Wilcoxon signed rank t-tests with FDR correction ("False discovery rate", (Benjamini and Hochberg, 2000) compared data for a given subject between training sessions. Mann-Whitney U-tests were used to compare monitoring, gazing and exploratory behaviours between experimental groups. Fisher's exact tests were used to evaluate the number of horses that reached the learning criterion of 30 seconds immobility and to compare the anticipatory behaviour between experimental groups during the last day of training. All analyses were carried out using software R (R 2.14.0) and the significance threshold was 0.05. Data are presented in the text and the Figure 1 as mean values ± SEM.

Results

The number of PR horses that had reached the step of 30 seconds of immobility at the end of training (*i.e.* day 5) tended to be higher than that for C horses (PR horses: 5/8, C horses: 1/7, Fisher exact test, P=0.07).

Attentional state on the first day of training

Positive reinforcement enhanced attention horses' paid to the trainer from the first day of training. PR horses oriented auditory attention towards the trainer for longer than did control horses ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 4.5 ± 0.4 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 2.3 ± 0.3 s, Mann-Whitney U test: U = 33, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, P = 0.009). In contrast, C horses spent longer with their neck to the side opposite to the trainer ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 0.05 ± 0.05 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 0.4 ± 0.3 s, Mann-Whitney U test: U = 71, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, P = 0.05), gazing at the environment ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 4.6 ± 1.1 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 6.3 ± 1.1 s, Mann-Whitney U test: U = 75, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, P = 0.03) with no ear oriented toward the trainer ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 1.5 ± 0.3 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 3.2 ± 0.5 s, Mann-Whitney U test: U = 40, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, P = 0.07), but their ears were more frequently in an asymmetric posture ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 0.8 ± 0.2 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 1.8 ± 0.4 s, Mann-Whitney U test: U = 76, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, P = 0.02). Thus, from the first day of training, PR horses seemed to pay more attention to the trainer than C horses that paid more attention towards the environment.

Changes in attention during the 5 day test

Positive reinforcement increased horses' attention paid to the trainer throughout the training. Duration of monitoring the trainer by PR horses increased during training (Friedman test $_{(N = 8,\ df = 4)}$ = 17.9, P = 0.001) from the second day (Wilcoxon signed-rank test: $\overline{X}_{D1} \pm SE$ = 3.8 ± 0.6 s, $\overline{X}_{D2} \pm SE$ = 8.2 ± 1.6 s, $T_{(NPR = 8)}$= *46.5*, P = 0.02; $\overline{X}_{D3} \pm SE$ = 10.6 ± 1.6 s, $T_{(NPR = 8)}$= *42*, P = 0.006; $\overline{X}_{D4} \pm SE$ = 12.4 ± 1.2 s, $T_{(NPR = 8)}$= *37*, P = 0.001; $\overline{X}_{D5} \pm SE$ = 13.7 ± 1.8 s, $T_{(NPR = 8)}$= *36*, P = 0.0008), but not that by C horses (Friedman test $_{(N = 8,\ df = 4)}$ = 4.2, P = 0.38) (Fig. 1a).

Duration of PR horses' gazes towards the trainer increased during training (Friedman test $_{(N = 8,\ df = 4)}$ = 15.6, P = 0.003), their visual attention was higher on the third, fourth and last day of training than on the first day (Wilcoxon signed-rank test: $\overline{X}_{D1} \pm SE$ = 6.0 ± 0.9 s, $\overline{X}_{D3}$ ±

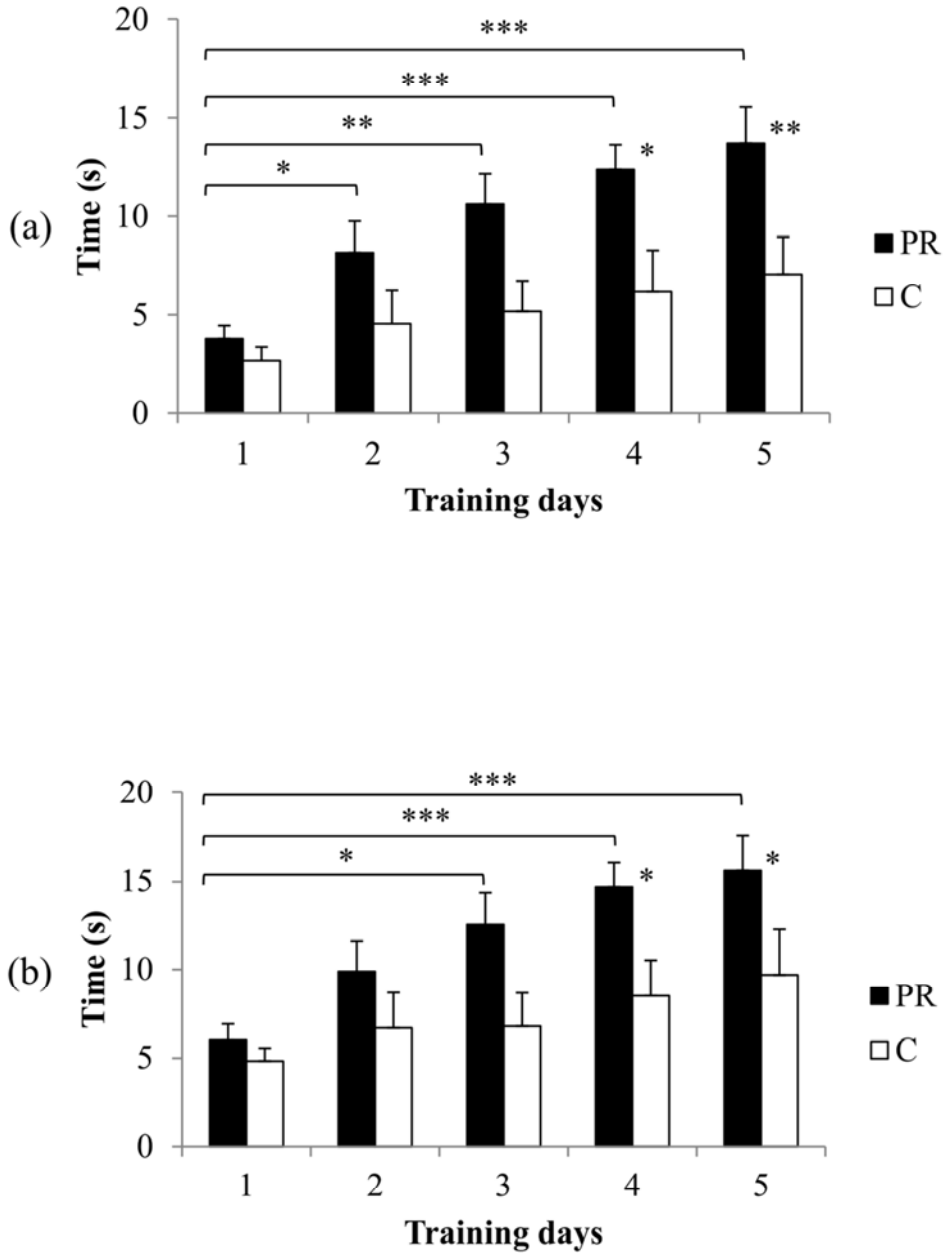


Fig. 1: (a) Changes in monitoring behaviours and (b) gaze orientation during training. Time spent (in seconds) (a) monitoring, (b) gazing at the trainer by positive-reinforced horses (PR: $N = 8$) (Friedman test and Wilcoxon test $P < 0.05$) and by control (C: $N = 7$) horses (Friedman test $P > 0.05$) during the 5 training days. Differences between groups increased on day 4 and 5 (Mann-Whitney U test $P \leq 0.05$). Error bars represent standard errors. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

SE = 12.5 ± 1.8 s, $T_{(NPR = 8)} = 45$, P = 0.02; $\overline{X}_{D4} \pm SE$ = 14.7 ± 1.4 s, $T_{(NPR = 8)} = 37$, P = 0.001; $\overline{X}_{D5} \pm SE$ = 15.6 ± 1.9 s, $T_{(NPR = 8)} = 36$, P = 0.0008), whereas data for C horses' visual attention revealed no significant changes (Friedman test $_{(N = 7,\ df = 4)}$ = 4.4, P = 0.35) (Fig. 1b). Time spent investigating the trainer by PR horses increased during training (Friedman test $_{(N =}$

$_{8,\ df\ =\ 4)}$ = 17.2, *P* = 0.002), they nibbled more on the third, fourth and last day of training than on the first day (Wilcoxon signed-rank test: $\overline{X}_{D1} \pm SE$ = 1.6 ± 1.1 s, $\overline{X}_{D3} \pm SE$ = 19.0 ± 5.9 s, $T_{(NPR\ =\ 8)}$= *0*, *P* = 0.01; $\overline{X}_{D4} \pm SE$ = 8.0 ± 1.9 s, $T_{(NPR\ =\ 8)}$=*0*, *P* = 0.01; $\overline{X}_{D5} \pm SE$ = 15.5 ± 6.6 s, $T_{(NPR\ =\ 8)}$= *1*, *P* = 0.01).

Comparisons between experimental groups

Differences in attentional data between groups increased during training, reaching clear statistical significance on day 4 and/or 5. On day 5, PR horses spent longer with one ear oriented towards the trainer than did C horses ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 14.7 ± 2.0 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 6.7 ± 1.4 s, Mann-Whitney U test: *U* = 33, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.009). Conversely, C horses spent three times longer with the ears directed towards the environment than did PR horses ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 1.4 ± 0.2 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 4.4 ± 1.3 s, Mann-Whitney U test: *U* = 79, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.009).

PR horses monitored and gazed at the trainer for longer than did C horses on the fourth (*monitoring*: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 12.4 ± 1.2 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 6.2 ± 2.1 s, Mann-Whitney U test: *U* = 39, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.05; *gazing*: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 14.7 ± 1.4 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 8.5 ± 2.0 s, Mann-Whitney U test: *U* = 38, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.04) and on the fifth day of training (*monitoring*: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 13.7 ± 1.8 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 7.1 ± 1.9 s, Mann-Whitney U test: *U* = 34, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.01; *gazing*: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 15.6 ± 1.9 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 9.7 ± 2.6 s, Mann-Whitney U test: *U* = 35, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.02) (Fig 1a, b). They investigated the trainer twice longer than did C horses on the fourth and on the last day of training and per trial than control horses did (Day 4: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ =10.7 ± 1.2 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$= 5.5 ± 1.8 s, Mann-Whitney U test: *U* = 38, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.04; Day 5: $\overline{X}_{PR} \pm SE$ =10.6 ± 1.1 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$= 6.7 ± 1.9 s, Mann-Whitney U test: *U* = 36, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.02). Thus, time spent in contact with trainer differed significantly between PR and C horses from the second day ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 7.3 ± 1.5 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 3.3 ± 1.5 s, Mann-Whitney U test: *U* = 39, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.05) to the last day ($\overline{X}_{PR} \pm SE$ = 11.7 ± 1.6 s, $\overline{X}_{C} \pm SE$ = 6.5 ± 2.2 s, Mann-Whitney U test: *U* = 36, N_{PR} = 8, N_{C} = 7, *P* = 0.02).

Anticipation and motivation for the training course

Before the beginning of the last training session, all PR horses but only one C horse were near the door the trainer used to enter into the training arena (PR horses: 8/8, C horses: 1/7: Fisher exact test, *P* = 0.001). All but one PR horses but no C horse monitored and gazed at the trainer at least once before the trainer entered the training arena (Fisher exact test, *P* =

0.001). Finally, 5/8 PR horses oriented their ears forwards towards the trainer before the trainer entered the training arena but none of the C horses adopted this ear posture (PR horses: 5/8, C horses: 0/7: Fisher exact test, $P = 0.019$).

Discussion

This study shows that the use of positive reinforcement had a major effect on horses' attentional state during a training task. The use of a food reward as a positive reinforcement enhanced horses' attention directed towards their trainer, as revealed by gazes, postural adjustments (*i.e.* neck and ears) and behaviour towards the trainer. Conversely, control horses' visual reactions were more inattentive, their auditory attention was lower (*i.e.* asymmetric ears) and they directed less behaviour towards the trainer. This study confirms earlier findings concerning attentional processes generated by a trainer who gives a food reward and therefore promotes learning the association between him/her and the positive valence of the situation (Rochais *et al.*, 2014).

Positive reinforcement enhanced horses' attention towards the trainer from the first day of training as indicated the fact that PR horses oriented their ears towards the trainer more frequently than did C horses that presented asymmetrical ears more frequently. As our training consisted in responding to vocal orders, it enhanced primarily auditory attention. However this result also suggests a very quick effect of the use of a positive reinforcement on the association between the vocal command, the expression of the required behaviour and the delivery of the reward (Sankey et al., 2010a, 2010b, 2010c). Although the training consisted in responding to vocal orders, attentive horses did not generally point both ears forwards towards the trainer but more often oriented one ear towards the trainer and then directed their visual attention towards the trainer. Playback experiments of conspecific vocalizations revealed similar reactions: horses first oriented their ears towards the sound and then, quickly turned their head, orienting their gazes to improve and enrich the information given by the playback (Lemasson et al., 2009; Basile et al., 2009).

Thus, PR horses' visual attention (*i.e.* gazing, monitoring) increased during training. During social interactions horses use visual communication ranging from unambiguous actions (*e.g.* kick with a hind foot) to subtle expressions (*e.g.* ears movement) inducing horses to pay attention rapidly to subtle visual social and environmental stimuli and thus to use their visual sensory system frequently (Waring 2003; Basile *et al.*, 2009). Horses are highly sensitive to human attentional cues during huma-horse interactions and this also implies

highly developed visual attention skills (Proops and McComb, 2010; Sankey et al., 2011). Their visual attentional behaviour such as gazes (especially mutual gazes) can be associated with trying to identify a human's intentions or expectations (Sankey et al., 2011; Lesimple et al., 2012b) and probably contributes to the building of a positive relationship, as for some primates (Micheletta and Waller, 2012). It may also reflect the subject's emotional and mental states (Emery 2000). The positive emotional valence of food rewards may induce a positive emotional state during training. The emotional content of an event can modify and update the goals and consequently alter the direction of attention to a stimulus (Taylor and Fragopanagos, 2005). For example, an action repetitively followed by a reward (leading to a positive emotional content) is elicited more on subsequent encounters with the same stimulus and context (Thorndike 1911, cited by (Libera and Chelazzi, 2006). The effects of rewards are important because they favour the production of behaviours adapted to a given context. The emotional, rewarding or punishing, content can modulate visual selection and therefore selective attention (Raymond 2009). On the one hand, stimuli carrying a positive emotional charge may increase the representational strength of these stimuli and thus enhance motivation to perform the requested response (Taylor and Fragopanagos 2005). For instance, motivating stimuli (*e.g.* monetary reward) attract and hold humans' attention in learning tasks better than do neutral stimuli (Libera and Chelazzi 2006). On the other hand, emotional stimuli carrying a negative charge induce various responses. Studies using aversive conditioning report contrasting results ((Stormark and Hugdahl, 1997)). Training humans to perform a "spatial orienting task" (Posner et al., 1982), found that the subjects' attention moved away from the location of a cue faster when that cue was aversive. In contrast, (Armony and Dolan, 2002) using a similar task found that frightening cues captured subjects' attention, and this led to difficulties in shifting attention to the correct location.

Thus the use of a food reward may have enhanced the horses' motivation to train and helped them to focus their attention on the trainer, and hence on the task. Therefore the increase of PR horses' visual attention directed towards the trainer during training may be due to the positive emotional content promoted by the use of a food reward.

If selective attention is influenced by emotional content, it could also influence learning performances (Matzel and Kolata, 2010). For instance in a social context selective attention translated by monitoring the behaviour of others enables an individual to make better decisions concerning cooperation, competition, communication as well as social learning (Range and Huber, 2007). In our study, the learning task implied selective attention towards the task and the trainer and PR horses showed no interest towards the environment. It

was the same case during startle probe modulation task in humans where pleasant-palatable stimulus (linked to positive reinforcement) was used, reflex response to irrelevant mildly nociceptive input (a sudden noise) is inhibited (Lang et al., 2013). The PR horses' motivation may thus explain why their visual or auditory attention towards the environment was lesser and their attentional control (*i.e.* selective attention) towards the trainer was higher. The increase of PR horses' attention during training led to more PR horses than C horses reaching the 30 seconds immobility step at the end of the training (*i.e.* day 5). These results confirm earlier findings concerning a complex pattern relating attention and learning showing an "optimal window" of attention promoted by a food reward that facilitated learning whereas too little attention impaired learning (Rochais *et al.,* 2014).

Control horses' attention towards the task did not increase. One explanation could be the emergence of disinterest for the task and therefore increase attention to the environment. C horses paid less attention to the trainer but focused their attention on their environment, on the "lookout of any cue" (Baragli *et al.,* 2011). At the beginning of training, horses waited for their trainer's manifestations by pointing their ears (Saslow 2002). They may have had difficulties anticipating the expectations of the trainer as they were never reinforced or punished, and this may have reduced their motivation and attention to the trainer and increased the attention they paid to the environment. Their ears were more often pointed towards the rest of the experimental area and of visual attention parameters (*i.e.* monitoring and gazing) differed significantly between PR and C horses from the fourth day of training.

This positive reinforcement seems to have induced a 'positive memory' of the trainer, as the PR horses rapidly sought human contact during training (see also Sankey *et al.,* 2010*a*). PR frequently displayed exploratory behaviour that is associated with positive emotional states (Boissy et al., 2007; Henry et al., 2006). Although nibbling is consider undesirable "food-seeking" by many horse-riders, it is an integral part of horses' positive social interactions, as well as an exploratory behaviour in the presence of a novel non fear-inducing object (McDonnell and Poulin, 2002; Lansade et al., 2008b; Sankey et al., 2010b); (Lansade and Bouissou, 2008). Exploratory behaviours may enable horses to evaluate a human and to acquire a concept of that person (Sankey *et al.,* 2011). Sankey *et al.,* (2010*a*) showed that positively reinforced horses were able to build and maintain a long-term positive memory of a relationship with humans and to extend it to unfamiliar humans (see also (Hausberger and Muller, 2002; Fureix et al., 2009), but this does not prevent horses from recalling the special bond created with a particular partner.

The training week facilitated the construction of a positive human-horse relationship indicated by horses' anticipatory behaviour thought to be indirectly expressing positive emotion (Moe *et al.*, 2014). Before the beginning of the last training session (5th day), all PR horses waited for their trainer, standing near the door the trainer used to enter the training arena (but only one C horse). Moreover, 7/8 PR horses monitored her (they oriented their head towards her) and the ears of 5/8 PR horses pointed towards the trainer before she entered the arena whereas none of the control horse paid her any attention. These results support earlier findings showing that a few brief food-mediated interactions promote memory but also relationships with humans, as horses approach humans quicker outside a training context (Hausberger et al., 2008). One explanation could be that the increased motivation content induced by the food reward attracted and held the subjects' attention focused on the trainer and then on the learning task.

Conclusion

In the light of these results, we can conclude that the use of positive reinforcement encourages horses to keep their attention to the trainer and hence the learning task. Our results reinforce the idea that motivation can act on cognitive performances by increasing attentional level. A high level of motivation automatically leads to a high level of attention and fosters the readiness of an individual to become involved with the relevant information, raising the probability of successful learning (Krapp 1999). Consequently, using positive attention is one key to improve training. The use of food as a positive primary reinforcement can increase both the attention and learning performances of most individuals, as food rewards appear to be the most relevant reward for all individuals. Knowing that attention could be easily promoted by a simple reward opens new lines of thought concerning adjustments in training horses and other species.

Acknowledgement

The authors wish to thank Laurence Wimel and the staff of the "Station Expérimentale de Chamberet, IFCE", where the study was performed. The authors are grateful to A. Cloarec for correcting the English of this manuscript. The authors thank S. Hild for helpful discussions. The authors thank the COST of the "Haras Nationaux" and the "Région Bretagne" for financial support.

References

Armony JL, Dolan RJ (2002) Modulation of spatial attention by fear-conditioned stimuli: an event-related fMRI study. *Neuropsychol*, *40*(7), 817–826. doi:10.1016/S0028-3932(01)00178-6

Baragli P, Mariti C, Petri L, De Giorgio F, Sighieri C (2011) Does attention make the difference? Horses' response to human stimulus after 2 different training strategies. *J Vet Behav: Clin Appl Res*, *6*(1), 31–38. doi:10.1016/j.jveb.2010.08.020

Basile M, Boivin S, Boutin A, Blois-Heulin C, Hausberger M, and Lemasson A (2009) Socially dependent auditory laterality in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *12*(4), 611–619. doi:10.1007/s10071-009-0220-5

Benjamini Y, Hochberg Y (2000) On the Adaptive Control of the False Discovery Rate in Multiple Testing With Independent Statistics. *J Educ Behav Stat*, *25*(1), 60–83. doi:10.3102/10769986025001060

Blois-Heulin C (1999) Variability in Social Visual Attention in the Red-Capped Mangabey *(Cercocebus torquatus torquatus)* and the Grey-Cheeked Mangabey *(Cercocebus albigena albigena). Folia Primatol*, *70*(5), 264–268. doi:10.1159/000021705

Boissy A, Manteuffel G, Jensen MB, Moe RO, Spruijt B, Keeling LJ, Aubert A (2007) Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol Behav*, *92*(3), 375–397. doi:10.1016/j.physbeh.2007.02.003

Bushnell PJ (1998) Behavioral approaches to the assessment of attention in animals. *Psychopharmacol*, *138*(3), 231–259. doi:10.1007/s002130050668

Cousillas H, George I, Henry L, Richard J-P, Hausberger M (2008) Linking Social and Vocal Brains: Could Social Segregation Prevent a Proper Development of a Central Auditory Area in a Female Songbird? *PLoS ONE*, *3*(5), e2194. doi:10.1371/journal.pone.0002194

Cousillas H, George I, Mathelier M, Richard J-P, Henry L, Hausberger M (2006) Social experience influences the development of a central auditory area. *Naturwissenschaften*, *93*(12), 588–596. doi:10.1007/s00114-006-0148-4

Craig W (1917) Appetites and Aversions as Constituents of Instincts. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.*, *3*(12), 685–688.

Emery NJ (2000) The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neurosci Biobehav Rev*, *24*(6), 581–604. doi:10.1016/S0149-7634(00)00025-7

Feh C, de Mazières J (1993) Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Anim Behav*, *46*(6), 1191–1194. doi:10.1006/anbe.1993.1309

Fraser D, Duncan IJH (1998) "Pleasures", "Pains" and animal welfare: Toward a natural history of affect. *Anim Welf*, *7*(4), 383–396.

Fureix C, Jego P, Sankey C, Hausberger M (2009) How horses (*Equus caballus*) see the world: humans as significant "objects." *Anim Cognit*, *12*(4), 643–654. doi:10.1007/s10071-009-0223-2

Hattori Y, Kuroshima H, Fujita K (2007) I know you are not looking at me: capuchin monkeys' (*Cebus apella*) sensitivity to human attentional states. *Anim Cognit*, *10*(2), 141–148. doi:10.1007/s10071-006-0049-0

Hausberger M, Muller C (2002) A brief note on some possible factors involved in the reactions of horses to humans. *App Anim Behav Sci*, *76*(4), 339–344. doi:10.1016/S0168-1591(02)00016-3

Hausberger M, Roche H, Henry S, Visser EK (2008) A review of the human–horse relationship. *App Anim Behav Sci*, *109*(1), 1–24. doi:10.1016/j.applanim.2007.04.015

Henry S, Hemery D, Richard M-A, Hausberger M (2005) Human–mare relationships and behaviour of foals toward humans. *App Anim Behav Sci*, *93*(3–4), 341–362. doi:10.1016/j.applanim.2005.01.008

Henry S, Richard-Yris M-A, Hausberger M (2006) Influence of various early human–foal interferences on subsequent human–foal relationship. *Dev Psychobiol*, *48*(8), 712–718. doi:10.1002/dev.20189

Hiby EF, Rooney NJ, Bradshaw JWS (2004) Dog training methods: their use, effectiveness and interaction with behaviour and welfare. *Anim Welf*, *13*, 63–69.

Hinde R A (1979) *Towards understanding relationships* (Academic Press.). London.

Hughes A (1977) The topography of vision in mammals of contrasting life style: Comparative optics and retinal organisation. In F. Crescitelli (Ed.), *The visual system in vertebrates* (pp. 613–756). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-66468-7_11

Kaminski J, Riedel J, Call J, Tomasello M (2005) Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Anim Behav*, *69*(1), 11–18. doi:10.1016/j.anbehav.2004.05.008

Kirchhofer KC, Zimmermann F, Kaminski J, Tomasello M (2012) Dogs (*Canis familiaris*), but not chimpanzees (*Pan troglodytes*), understand imperative pointing. *PLoS ONE*, *7*(2), e30913. doi:10.1371/journal.pone.0030913

Krapp A (1999) Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. *Eur J Psychol Educ*, *14*(1), 23–40. doi:10.1007/BF03173109

Krueger K, Flauger B, Farmer K, Maros K (2011) Horses (*Equus caballus*) use human local enhancement cues and adjust to human attention. *Anim Cognit*, *14*(2), 187–201. doi:10.1007/s10071-010-0352-7

Krueger K, Heinze J (2008) Horse sense: social status of horses (*Equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. *Anim Cognit*, *11*(3), 431–439. doi:10.1007/s10071-007-0133-0

Lampe J, Andre J (2012) Cross-modal recognition of human individuals in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *15*(4), 623–630. doi:10.1007/s10071-012-0490-1

Lang PJ, Simons RF, Balaban M (2013) *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes*. Psychology Press.

Lansade L, Bouissou M-F (2008*a*) Reactivity to humans: A temperament trait of horses which is stable across time and situations. *App Anim Behav Sci*, *114*(3–4), 492–508. doi:10.1016/j.applanim.2008.04.012

Lansade L, Pichard G, Leconte M (2008*b*) Sensory sensitivities: Components of a horse's temperament dimension. *App Anim Behav Sci*, *114*(3–4), 534–553. doi:10.1016/j.applanim.2008.02.012

Lemasson A, Boutin A, Boivin S, Blois-Heulin C, Hausberger M (2009) Horse (*Equus caballus*) whinnies: a source of social information. *Anim Cognit*, *12*(5), 693–704. doi:10.1007/s10071-009-0229-9

Lesimple C, Sankey C, Richard MA, Hausberger M (2012) Do horses expect humans to solve their problems? *Front Psychol*, *3*. doi:10.3389/fpsyg.2012.00306

Libera CD, Chelazzi L (2006) Visual selective attention and the effects of monetary rewards. *Psychol Sci*, *17*(3), 222–227. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01689.x

Lorenz KZ (1950) The comparative method in studying innate behavior patterns. In *Physiological mechanisms in animal behavior. (Society's Symposium IV.)* (pp. 221–268). Oxford, England: Academic Press.

MacLean EL, Hare B (2012) Bonobos and chimpanzees infer the target of another's attention. *Anim Behav*, *83*(2), 345–353. doi:10.1016/j.anbehav.2011.10.026

Maros K, Gácsi M, Miklósi Á (2008) Comprehension of human pointing gestures in horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *11*(3), 457–466. doi:10.1007/s10071-008-0136-5

Matzel LD, Kolata S (2010) Selective attention, working memory, and animal intelligence. *Neurosci Biobehav Rev*, *34*(1), 23–30. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.07.002

McDonnell SM, Haviland JCS (1995) Agonistic ethogram of the equid bachelor band. *App Anim Behav Sci*, *43*(3), 147–188. doi:10.1016/0168-1591(94)00550-X

McDonnell SM, Poulin A (2002) Equid play ethogram. *App Anim Behav Sci*, *78*(2–4), 263–290. doi:10.1016/S0168-1591(02)00112-0

McGreevy PD, McLean AN (2011) *Equitation Science*. John Wiley and Sons.

McKinley J, Sambrook TD (2000) Use of human-given cues by domestic dogs (*Canis familiaris*) and horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *3*(1), 13–22. doi:10.1007/s100710050046

Micheletta J, Waller BM (2012) Friendship affects gaze following in a tolerant species of macaque, *Macaca nigra*. *Anim Behav*, *83*(2), 459–467. doi:10.1016/j.anbehav.2011.11.018

Miklósi Á, Pongrácz P, Lakatos G, Topál J, Csányi V (2005) A comparative study of the use of visual communicative signals in interactions between dogs (*Canis familiaris*) and humans and cats (*Felis catus*) and humans. *J Comp Psychol*, *119*(2), 179–186. doi:10.1037/0735-7036.119.2.179

Miklósi Á, Soproni K (2006) A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Anim Cognit*, *9*(2), 81–93. doi:10.1007/s10071-005-0008-1

Mills DS, McDonnell SM (2005) *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of its Behaviour*. Cambridge University Press.

Moe RO, Nordgreen J, Janczak AM, Bakken M, Spruijt BM, Jensen P (2014) Anticipatory and foraging behaviors in response to palatable food reward in chickens: Effects of dopamine D2 receptor blockade and domestication. *Physiol Behav*, *133*, 170–177. doi:10.1016/j.physbeh.2014.05.023

Mongillo P, Bono G, Regolin L, Marinelli L (2010) Selective attention to humans in companion dogs, *Canis familiaris*. *Anim Behav*, *80*(6), 1057–1063. doi:10.1016/j.anbehav.2010.09.014

Mulcahy NJ, Call J (2009) The performance of bonobos (*Pan paniscus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and orangutans (*Pongo pygmaeus*) in two versions of an object-choice task. *J Comp Psychol*, *123*(3), 304–309. doi:10.1037/a0016222

Peters SM, Bleijenberg EH, van Dierendonck MC, van der Harst JE, Spruijt BM (2012) Characterization of anticipatory behaviour in domesticated horses (*Equus caballus*). *App Anim Behav Sci*, *138*(1–2), 60–69. doi:10.1016/j.applanim.2012.01.018

Posner MI, Cohen Y, Rafal RD (1982) Neural Systems Control of Spatial Orienting. *Philos Trans R Soc Lond B, Biol Sci*, *298*(1089), 187–198. doi:10.1098/rstb.1982.0081

Proops L, McComb K (2010) Attributing attention: the use of human-given cues by domestic horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *13*(2), 197–205. doi:10.1007/s10071-009-0257-5

Proops L, McComb K (2012) Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*) extends to familiar humans. *Proc R Soc B: Biol Sci*, *279*(1741), 3131–3138. doi:10.1098/rspb.2012.0626

Range F, Horn L, Bugnyar T, Gajdon GK, Huber L (2009) Social attention in keas, dogs, and human children. *Anim Cognit*, *12*(1), 181–192. doi:10.1007/s10071-008-0181-0

Range F, Huber L (2007) Attention in common marmosets: implications for social-learning experiments. *Anim Behav*, *73*(6), 1033–1041. doi:10.1016/j.anbehav.2006.07.015

Raymond J (2009) Interactions of attention, emotion and motivation. In Narayanan Srinivasan (Ed.), *Progress in Brain Research* (Vol. 176, pp. 293–308). Elsevier. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612309176173

Reefmann N, Bütikofer Kaszàs F, Wechsler B, Gygax L (2009) Ear and tail postures as indicators of emotional valence in sheep. *App Anim Behav Sci*, *118*(3–4), 199–207. doi:10.1016/j.applanim.2009.02.013

Reid PJ (2009) Adapting to the human world: Dogs' responsiveness to our social cues. *Behav Process*, *80*(3), 325–333. doi:10.1016/j.beproc.2008.11.002

Rochais C, Henry S, Sankey C, Nassur F, Góracka-Bruzda A, Hausberger M (2014) Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (*Equus caballus*). *Front Psychol*, *5*, 108. doi:10.3389/fpsyg.2014.00108

Sankey C, Henry S, André N, Richard-Yris M-A, Hausberger M (2011) Do Horses Have a Concept of Person? *PLoS ONE*, *6*(3), e18331. doi:10.1371/journal.pone.0018331

Sankey C, Henry S, Górecka-Bruzda A, Richard-Yris M-A, Hausberger M (2010*a*) The way to a man's heart is through his stomach: What about horses? *PLoS ONE*, *5*(11), e15446. doi:10.1371/journal.pone.0015446

Sankey C, Richard-Yris M-A, Henry S, Fureix C, Nassur F, Hausberger M (2010*b*) Reinforcement as a mediator of the perception of humans by horses (*Equus caballus*). *Anim Cognit*, *13*(5), 753–764. doi:10.1007/s10071-010-0326-9

Sankey C, Richard-Yris M-A, Leroy H, Henry S, Hausberger M (2010*c*) Positive interactions lead to lasting positive memories in horses, *Equus caballus*. *Anim Behav*, *79*(4), 869–875. doi:10.1016/j.anbehav.2009.12.037

Saslow CA (2002) Understanding the perceptual world of horses. *App Anim Behav Sci*, *78*(2–4), 209–224. doi:10.1016/S0168-1591(02)00092-8

Schwab C, Huber L (2006) Obey or Not Obey? Dogs (*Canis familiaris*) Behave Differently in Response to Attentional States of Their Owners. *J Comp Psychol*, *120*(3), 169–175. doi:10.1037/0735-7036.120.3.169

Siegel S, Castellan NJ (1988) *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill.

Sohlberg MM, Mateer CA (2001) Improving Attention and Managing Attentional Problems. *Ann N. Y. Acad Sci*, *931*(1), 359–375. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb05790.x

Spruijt BM, van den Bos R, Pijlman FTA (2001) A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems. *App Anim Behav Sci*, *72*(2), 145–171. doi:10.1016/S0168-1591(00)00204-5

Stormark KM, Hugdahl K (1997) Conditioned emotional cueing of spatial attentional shifts in a go/no-go RT task. *Int J Psychophysiol*, *27*(3), 241–248. doi:10.1016/S0167-8760(97)00065-2

Taylor JG, Fragopanagos NF (2005) The interaction of attention and emotion. *Neural Netw*, *18*(4), 353–369. doi:10.1016/j.neunet.2005.03.005

Toates FM (1986) *Motivational Systems*. CUP Archive.

Waiblinger S, Boivin X, Pedersen V, Tosi M-V, Janczak AM, Visser EK, Jones RB (2006) Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *App Anim Behav Sci*, *101*(3–4), 185–242. doi:10.1016/j.applanim.2006.02.001

Waring GH (2003) *Horse Behavior*. Noyes Publications/William Andrew Pub.

Warren-Smith AK, McGreevy PD (2008) Equestrian Coaches' Understanding and Application of Learning Theory in Horse Training. *Anthrozoos: Multidiscip J Interac People Anim*, *21*(2), 153–162. doi:10.2752/175303708X305800

Wathan J, McComb K (2014) The eyes and ears are visual indicators of attention in domestic horses. *Curr Biol*, *24*(15), R677–R679. doi:10.1016/j.cub.2014.06.023

Xitco MJ, Gory JD, Ii SAK (2004) Dolphin pointing is linked to the attentional behavior of a receiver. *Anim Cognit*, *7*(4), 231–238. doi:10.1007/s10071-004-0217-z

Xitco MJ, Gory JD, Kuczaj SA (2001) Spontaneous pointing by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Anim Cognit*, *4*(2), 115–123. doi:10.1007/s100710100107

Synthèse de l'article 10

Questions: L'utilisation d'un renforcement positif primaire améliore l'attention des chevaux au travail. Est-ce qu'un contact tactile comme un grattage au niveau du garrot peut avoir une valence positive pour les chevaux ? Aurait-il, au même titre qu'un renforcement positif primaire, des effets bénéfiques sur l'attention du cheval ? Existe-t-il une fenêtre optimale d'attention favorisant l'apprentissage ?

Méthodes : Quinze jeunes chevaux Könik polonais ont été entrainés à rester immobiles suite à un ordre vocal (*i.e.* « reste »). La moitié des chevaux ont reçu un renforcement positif primaire (*i.e.* une récompense alimentaire) à chaque fois qu'ils répondaient correctement à l'ordre (groupe PR). Pour l'autre moitié des chevaux, l'expérimentateur leur grattait le garrot (groupe GR). L'ensemble des chevaux a été entrainé pendant 5 jours successifs à raison d'une séance d'entrainement quotidienne de 5 minutes. Des indicateurs de l'attention des chevaux (*i.e.* orientation du regard, de la tête et de l'encolure), ainsi que leurs performances d'apprentissage (*i.e.* durée d'immobilité) ont été relevés durant chaque séance d'entrainement.

Résultats : Il apparait clairement que l'utilisation d'un renforcement positif primaire est associée à une attention accrue du cheval envers l'entraineur. A l'inverse, les chevaux entrainés avec une action tactile (*i.e.* grattage au niveau du garrot) présentent davantage d'attention vers les stimuli de l'environnement et des comportements d'agitation ou d'inconfort. L'utilisation d'un renforcement positif primaire a permis une augmentation de l'attention menant vers de meilleures performances d'apprentissage. Une fenêtre « idéale » d'attention a pu être identifiée, les individus n'étant pas ou trop attentifs envers l'homme présentant de moins bonnes performances d'apprentissage.

Conclusion : L'utilisation d'un renforcement positif primaire apparait pertinente pour le cheval et permet une plus forte motivation et donc une augmentation de l'attention vers l'entraineur et ainsi vers la tâche à apprendre. A l'inverse, une action tactile n'apparait pas suffisante pour le cheval et ne permet pas d'amélioration de l'attention, menant vers de moins bonnes performances d'apprentissage. Cette étude ouvre des pistes de réflexion quant à la présence d'une fenêtre optimale envers l'entraineur d'attention favorisée par l'utilisation d'un renforcement positif primaire.

Frontiers in Psychology, 2014, 5, (108). Doi: 10.3389/fpsyg.2014.00108

Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (Equus caballus)

C. Rochais[1*], S. Henry[1], C. Sankey[1], F. Nassur[2], A. Górecka-Bruzda[3], M. Hausberger[1, 2]

[1] Université de Rennes 1, Laboratoire d'Éthologie Animale et Humaine EthoS – UMR CNRS 6552, Station Biologique, Université de Rennes 1, Paimpont, France

[2] CNRS - UMR 6552- Université de rennes1, Laboratoire d'Éthologie Animale et Humaine EthoS, 263 avenue du général Leclerc, Campus de Beaulieu, 35042, Rennes cedex, France

[3] Polish Academy of Sciences, Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, 05-552 Magdalenka, Poland

frontiers in PSYCHOLOGY

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE
published: 13 February 2014
doi: 10.3389/fpsyg.2014.00108

Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (*Equus caballus*)

C. Rochais[1]*, S. Henry[1], C. Sankey[1], F. Nassur[2], A. Góracka-Bruzda[3] and M. Hausberger[1,2]

[1] Laboratoire d'Éthologie Animale et Humaine EthoS – UMR CNRS 6552, Université de Rennes 1, Paimpont, France
[2] Laboratoire d'Éthologie Animale et Humaine EthoS – UMR CNRS 6552, Université de Rennes 1, Rennes, France
[3] Polish Academy of Sciences, Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, Magdalenka, Poland

Edited by:
Patrizia d'Ettorre, University Paris 13 - Sorbonne Paris Cité, France

Reviewed by:
Martin Giurfa, Université Paul Sabatier-Toulouse III, France
Dalila Bovet, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, France

***Correspondence:**
C. Rochais, Laboratoire EthoS, UMR CNRS 6552 - Université de Rennes 1, Station Biologique, 35380 Paimpont, France
e-mail: celine.rochais@univ-rennes1.fr

As visual attention is an intrinsic part of social relationships, and because relationships are built on a succession of interactions, their establishment involves learning and attention. The emotional, rewarding or punishing, content can modulate selective attention. In horses, the use of positive/negative reinforcement during training determines short and long-term human-horse relationships. In a recent study in horses, where either food or withers' grooming were used as a reward, it appeared that only the food-rewarded horses learned the task and show better relationship with humans. In the present study, we hypothesized that this differential effect of grooming/food rewards on learning performances could be due to attentional processes. Monitoring, gazes and behaviors directed towards the trainer revealed that the use of a food reward (FR) as positive reinforcement increased horses' selective attention towards their trainer. Conversely, horses trained with grooming reward (GR) expressed more inattentive responses and did not show a decrease of "agitated" behavior. However, individual plotting of attention vs. rate of learning performances revealed a complex pattern. Thus, while all FR horses showed a "window" of attention related to faster learning performances, GR horses' pattern followed an almost normal curve where the extreme animals (i.e., highest and lowest attention) had the slowest learning performances. On the other hand, learning was influenced by attention: at the end of training, the more attentive horses had also better learning performances. This study, based on horses, contributes to the general debate on the place of attentional processes at the interface of emotion and cognition and opens new lines of thought about individual sensitivities (only individuals can tell what an appropriate reward is), attentional processes and learning.

Keywords: attentional processes, horses, training, reinforcement, human-animal relationships

INTRODUCTION

Visual attention is an intrinsic part of social relationships. However, animals can deal differently with conspecifics' visual gazes depending on the gaze's characteristics *per se* (i.e., duration, frequency) or relationships between individuals (Blois-Heulin, 1999). For instance, it has long been considered that prolonged eye contact between primates is almost invariably threatening, except among closely bonded individuals (Marler, 1965). However, more recent studies have shown that eye contact is predictive of positive interactions (e.g., brown capuchin monkeys, Weigel, 1979) and mutual gazes are an integral part of a social network (Emery, 2000). In general, primates' visual attention depends on their affiliative and status relationships (Chance and Jolly, 1970). For instance, marmosets direct more gazes towards affiliative partners in a social learning task (Range and Huber, 2007). Because relationships are built on a succession of interactions associated with emotional valences (Hinde, 1979), their establishment involves learning (to associate a group member with an experience) and attention. Social affinities are thus assumed to promote selective attention and hence learning (Cousillas et al., 2006, 2008; Bertin et al., 2007).

Human-animal relationships provide a quasi-experimental framework to test hypotheses about the role of visual attention in the establishment of social relationships. Although this kind of relationship involves individuals of two different species, it is built similarly on successions of interactions whose valences induce either a positive, neutral, or negative type of relationship (e.g., Waiblinger et al., 2006; Hausberger et al., 2008). Captive and domestic animals tend to monitor actively their familiar trainer visually in both neutral and training situations (dogs: Range et al., 2009; Horn et al., 2012; primates: Anderson, 1998). Animals that have lateral eye positions, like dolphins, even turn their heads to observe their familiar trainer (Xitco et al., 2001, 2004). This sustained attention is probably involved in animals' ability to detect human cues such as attentional states (dogs: Call et al., 2003; Schwab and Huber, 2006; apes: Kaminski et al., 2004; monkeys: Hattori et al., 2007; Maille et al., 2012) or pointing gestures (for a review see Miklósi and Soproni, 2006).

Like other domestic animals, horses establish relationships with humans. In addition to the basic daily encounters that cattle or pigs may also experience (e.g., Waiblinger et al., 2006), horse-human relationships also depend on their training and

working situations (Hausberger et al., 2008). Due to these interactions with humans, horses are sensitive to the attentional states of humans (Keeling et al., 2009; Proops et al., 2009; Sankey et al., 2011) and to cues given by humans (e.g., McKinley and Sambrook, 2000; Maros et al., 2008; Proops and McComb, 2010). Moreover, horses discriminate familiar from unfamiliar humans: they tend to look more often at their familiar trainer in a neutral situation (Lampe and Andre, 2012; Proops and McComb, 2012), while they spend more time monitoring (i.e., observing the human with a rotation of the head approximately 45° or more, Xitco et al., 2004) an unfamiliar human "replacing" the familiar trainer in an obedience task (Sankey et al., 2011). Although experience with humans tends to be generalized from familiar to unfamiliar humans (Hausberger and Muller, 2002; Henry et al., 2005; Fureix et al., 2009; Sankey et al., 2010a), horses still discriminate their familiar trainers (Sankey et al., 2010a; Baragli et al., 2011; Krueger et al., 2011).

The positive, neutral, or negative valence (as assumed for the horse) of the relationship influences horses' behavior (Fureix et al., 2009). Thus, training experience has been shown to be crucial: the use of positive/negative reinforcement determines short- and long-term human-horse relationships (Sankey et al., 2010a,b). Food as a reinforcement not only promotes learning and memory of the task, but also learning and memory of positive interactions with a human (Sankey et al., 2010a). Nevertheless, trainers tend to use tactile contact (McGreevy and McLean, 2011) such as patting or scratching withers as reward, in order to mimic horse-horse interactions (i.e., allogrooming). In natural conditions, allogrooming is mostly observed between preferred social partners but occurs at low rates and with very large variations of occurrences according to seasons and individuals (Waring, 2003; Feh, 2005; Mills and McDonnell, 2005). In the domestic situation, young horses did not show a clear spontaneous attractiveness to human tactile stimulation (Henry et al., 2006). Of course, the question arises of how the animals themselves perceive the human-defined reward: only individuals can tell what an appropriate reward is (Chance, 1992; Baragli et al., 2009). Indeed, it is not the action *per se* that is important, but the manner in which horses perceive and appraise such actions in relation to the environment and their experiences (Baragli et al., 2009). Thus, in a recent study, Sankey et al. (2010c) trained young horses to remain immobile in response to a vocal order where either food or withers' grooming were used as a reward. It appeared that only the food-rewarded horses learned the task. More intriguing was the fact that using grooming as a reward did not improve the relation between the horses and their trainer, contrarily to the use of a food reward, as revealed by the horses' behavior during a motionless person test. Therefore the use of appropriate food rewards (i.e., familiar attractive food: e.g., carrots in Sankey et al., 2010b, pellets in Sankey et al., 2011) have increased learning in all cases (McDonnell, 2000; Schultz, 2004), while there is no such report for tactile rewards. It remains to understand the processes involved in these different learning performances and relationship with the trainer.

Of course, attentional processes are likely candidates to explain these results. Since Posner's crucial experiments on attention and detection of signals, attention is defined as an ability to focus perception on one stimulus, while filtering out other simultaneous stimuli that are less relevant (Posner et al., 1980). Thus, attention, "the selective aspect of perception" (Treisman, 1969), is the mechanism, the pre-requisite for adaptive response, and a part and parcel of the process of learning (Oades and Sartory, 1997). Moreover, attentional processes are widespread amongst vertebrates and invertebrates (Giurfa, 2013). For various species, paying attention towards environmental stimuli and the salience of the stimuli are crucial to enhance learning performances (drosophila: van Swinderen and Greenspan, 2003; honeybees: Spaethe et al., 2006; non-human primates: Range and Huber, 2007; humans: Kruschke, 2003). Thus, deficit of attention (Davids et al., 2003) and also "excessive" attention may affect learning performances (Topál et al., 1997). Hence, horses may also have become so dependent upon humans that they expect humans to solve a task instead of doing it themselves: "excessive" attention towards humans led to lower learning performances (Lesimple et al., 2012). Therefore, grooming may lead to lower performances either because it is not positively reinforcing or because horses are just not paying attention to the task itself. Since feeding is the main activity of horses in natural conditions (Waring, 2003) and food a classical primary reinforcer, we expect it to elicit attention in all horses. On the contrary, since allogrooming is dependent upon horses and context, we expect its potential "hedonic" effect to vary largely between individuals and hence to enhance or decrease attention accordingly. If this is the case, we would see more variation in attention in response to grooming rewards than to food rewards and see a different relation between attention and learning between both procedures. In order to disentangle better the relation between attentional processes and learning, we focused on horses' attentional indicators (e.g., postural and behavioral adjustments: monitoring, gazing, and expressing behaviors towards the trainer) during training using either food or grooming as a reward. In particular, the duration of visual monitoring has been shown to be a useful indication to assess an animal's attention towards humans (Xitco et al., 2004; Sankey et al., 2011) or social models (Range and Huber, 2007). Interrelations between learning and attentional indicators were explored in term of rate of learning (i.e., day when each horse first reached the performance criterion of 60 s of immobility) and in terms of learning *per se* (i.e., improvement in performance: seconds of immobility on day 5 minus seconds of immobility on day 1). From a fundamental perspective, this study contributes to understand the relationship between attentional processes and cognitive performances. It may also allow the development of more efficient methods for animal training.

MATERIALS AND METHODS

ETHICAL STATEMENT

Data presented in this study originated from experiments performed during winter 2009 (described in Sankey et al., 2010c) and reanalysis of video recordings. Both procedure and testing were conducted in accordance with the French regulations governing the care and use of research animals. The experiment was performed in accordance with the European Communities Council Directive of 24th November 1986 (86/609/EEC).

ANIMALS

Study subjects were 15 Konik horses (6 females, 6 males, and 3 geldings) (**Table 1**), a primitive breed originating from the wild Tarpan horse (Jezierski et al., 1999). Subjects had been reared under either conventional domestic conditions ($N = 10$) or semi natural conditions in a 1600 ha forest reserve with their respective families ($N = 5$). Anyway, forest-reared foals were caught when they were about 10 months old and then kept with their stabled peers. All young horses were kept together under the same conditions, in multi-age groups, where they were able to express their natural behavioral repertoire in which grooming others' withers is considered to play a socio-positive role (Feh, 2005). Horses were 1–2 years old at the time of the experiment and housed in loose stables. No additional tactile contact with humans took place, except for daily tethering for feeding and for hoof trimming every 3 months.

TRAINING PROCEDURE (SEE ALSO Sankey et al., 2010c)

Sankey et al. (2010c) training procedure consisted in training the subjects to remain immobile in response to a vocal command ("Reste!"—in French—which means "stay still" in English) for an increasing duration (5, 10, 30, 45–60 s) and despite the trainer taking a step back. Training sessions, including several trials (minimum: 2 trials per day; maximum: 17 trials per day), lasted 5 min, with training performed on 5 consecutive days. Auditory signal was given just once per trial, then the trainer remained silent. The training took place in the horse's home stable (to limit stress due to social isolation), where they were tethered facing the walls and given hay *ad libitum*. For training, the experimenter led the focal horse to the center of the stable and positioned herself to its left, facing the horse. In order to distract the neighboring horses' attention (e.g., non-experimental horses kept in the neighboring stalls) from the vocal command, a white noise was broadcast via two loudspeakers placed each side of the stable, facing the tethered horses. After completion of a daily training, the horses were set free in an adjacent outdoor paddock.

Horses were randomly allocated according to sex, age, and origin (e.g., domestic or forest-reared horses) to one of two training groups:

- food-reward group (FR: $N = 8$): the experimenter hand-gave a small piece of carrot to the horse when it responded correctly to her command. The food reward was hidden from the horses during training as it was in the trainer's pocket. It was given to horses only at the end of the required immobility time.
- grooming-reward group (GR: $N = 7$): the experimenter scratched the horse's withers vigorously three times (5 s) when it responded correctly to her command.

Table 1 | Subjects (Name; Group: training group, FR, food-rewarded horses; GR, grooming-rewarded horses; Age: in years old; Sex: F, female; M, male; G, gelding; Rearing conditions until 10 months old).

Subject	Group	Age	Sex	Rearing condition
Bachar	FR	1	M	Domestic
Brzezina	FR	1	F	Domestic
Gabor	FR	1	M	Domestic
Liryk	FR	1	G	Semi-natural
Nasza	FR	1	F	Semi-natural
Niki	FR	1	M	Semi-natural
Pilar	FR	1	G	Domestic
Tropina	FR	1	F	Domestic
Prima	GR	2	F	Domestic
Jadzia	GR	1	F	Domestic
Jagna	GR	1	F	Domestic
Lipeusz	GR	1	G	Domestic
Lotnik	GR	1	M	Domestic
Nazar	GR	1	M	Semi-natural
Norius	GR	1	M	Semi-natural

The horse had to fulfill the performance criterion of each step to get to the next one, that is, it had to succeed three times consecutively in the given step. For example, a horse had to remain immobile on order during 5 s three times (trials) consecutively (step 1), before moving on to the next step (10 s of immobility). Horses were not limited in the number of steps they could complete successfully within a training session, which simply ended after 5 min. Each time they remained immobile for the required duration, horses of the FR group received hand-given carrots as a reward and carried on with the training program, whereas horses from the GR group had wither scratching and carried on with the next steps. For all horses (i.e., FR group and GR group), a trial was considered as failed when the horse moved before the required duration or when it showed defensive behaviors. A fail was neither punished nor a source of human attention. Thus, after failed trials, as for succeeded trials, the horse were led in hand for at least 15 s around the training arena before receiving again the vocal order and trying again. Punishment was never used in this experiment, nor was negative reinforcement. Learning performances of the two groups of horses are shown in Sankey et al. (2010c) and correspond to the maximum time step validated (i.e., three consecutive successes) each day, as well as the maximum amount of immobility time (Sankey et al., 2010c).

BEHAVIORAL MEASUREMENTS

During all the training sessions, the horses' behavior was videotaped. Recordings were then analyzed using a focal sampling method: all behaviors of the focal animal were recorded continuously (Altmann, 1974) and were expressed in seconds divided by the number of trials per day. For the present study, we collected classical attentional state measurements (Xitco et al., 2004; Sankey et al., 2011): (1) time spent monitoring the trainer (monitoring was defined as the rotation of the head approximately 45° or more towards the trainer during training) vs. time spent orienting the head towards the environment (i.e., to the right, straight-forward, or downward); (2) time spent gazing at the trainer vs. gazing at the environment (a gaze was counted each time the head of the focal horse remained motionless with gaze duration longer than 1 s) (Blois-Heulin, 1999) and binocular gazes were associated with forward ears (Brajon et al., in preparation); and (3) all behaviors

directed towards the trainer (i.e., licking, nostril sniffing, nibbling, chewing) vs. "agitated" behavior (i.e., moving forward or backward).

RELATION BETWEEN LEARNING AND ATTENTION

Interrelation between learning performances found in Sankey et al. (2010c) and attentional indicators were explored in two ways. (1) The relationship between rate of learning: rapidity to first reach the performance criterion (i.e., day when each horse reached 60 s of immobility) and the overall trainer-directed attentional state of each horse (i.e., score of mean percentage of time of gazing, monitoring, and expressing behaviors towards the trainer during all training days). (2) The relationship between learning *per se* (i.e., improvement in performance: seconds of immobility on day 5 minus seconds of immobility on day 1) on the first day and the last day of training and visual trainer-directed attention (i.e., gazes towards the trainer/number of trial on these days).

STATISTICAL ANALYSIS

As data were not normally distributed, we used non-parametric statistical tests (Siegel and Castellan, 1988). Fisher's exact tests were used to compare sex, age, or rearing conditions composition between groups after being randomly assigned and no difference appeared (Fisher's exact test: $P > 0.05$ for all). Friedman test and Wilcoxon signed rank *t*-tests were used to compare matched paired data (i.e., comparison of the behavior of the same individual at different times, for example between the beginning and the end of training). Multiple pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test had a *p*-value adjustment with fdr ("false discovery rate") method. Mann-Whitney U-tests were used to compare the two experimental groups in terms of number and duration of trials per day and no difference appeared (Mann–Whitney U-test, $p > 0.05$ for all days) and in terms of monitoring, gazing and expressing behavior towards the trainer. The relationship between attentional state and the rate of learning was evaluated by plotting the attentional state of each horse (i.e., score of mean percentage of time of gazing, monitoring, and expressing behaviors towards the trainer during all training days) as a function of the day when it first reached the performance criterion (i.e., immobility during 60 s). A two-sample Kolmogorov–Smirnov test (KS) was used to compare distribution between food-rewarded horses and grooming-rewarded horses. The relationship between visual trainer-directed attentional state (i.e., gazes towards the trainer) and learning *per se* (i.e., improvement in performance: seconds of immobility on day 5 minus seconds of immobility on day 1) on the first day and the last day of training was evaluated by Spearman's correlation test. These analyses were run with Statistica 7.1 software ©and R software (accepted *p* level at 0.05 R Development Core Team, 2011; Maxime, 2013).

RESULTS

OVERALL ATTENTIONAL STATE

Clear differences in horses' attentional behaviors towards the trainer could be observed in relation to type of reward and during the training course. Whereas no differences between the two experimental groups could be evidenced on the first day of training, durations of gazes directed towards the trainer changed during the training course for the Food-rewarded (FR) horses (Friedman test $_{(N=8,\ df=4)} = 20$, $P = 0.0005$) (**Figure 1A**), with lower attention in the first day compared to the third, fourth, and last day of training (Wilcoxon signed-rank test with fdr correction: $\bar{X}_{D1} \pm SE = 14.2 \pm 3.6$ s, $\bar{X}_{D3} \pm SE = 29.2 \pm 2.9$ s, $n = 8$, $P = 0.03$; $\bar{X}_{D4} \pm SE = 36.3 \pm 6.3$ s, $n = 8$, $P = 0.03$; $\bar{X}_{D5} \pm SE = 42.7 \pm 13.4$ s, $n = 8$, $P = 0.03$) and with higher attention in the last day compared to the second and third day of training (Wilcoxon signed-rank test with fdr correction: $\bar{X}_{D5} \pm SE = 42.7 \pm 13.4$ s, $\bar{X}_{D2} \pm SE = 26.9 \pm 6.4$ s, $n = 8$, $P = 0.03$; $\bar{X}_{D3} \pm SE = 29.2 \pm 2.9$ s, $n = 8$, $P = 0.03$). No differences between days were found for the Grooming-rewarded (GR) horses (Friedman test $_{(N=7,\ df=4)} = 4.2$ $P = 0.37$) (**Figure 1A**). Similarly, FR

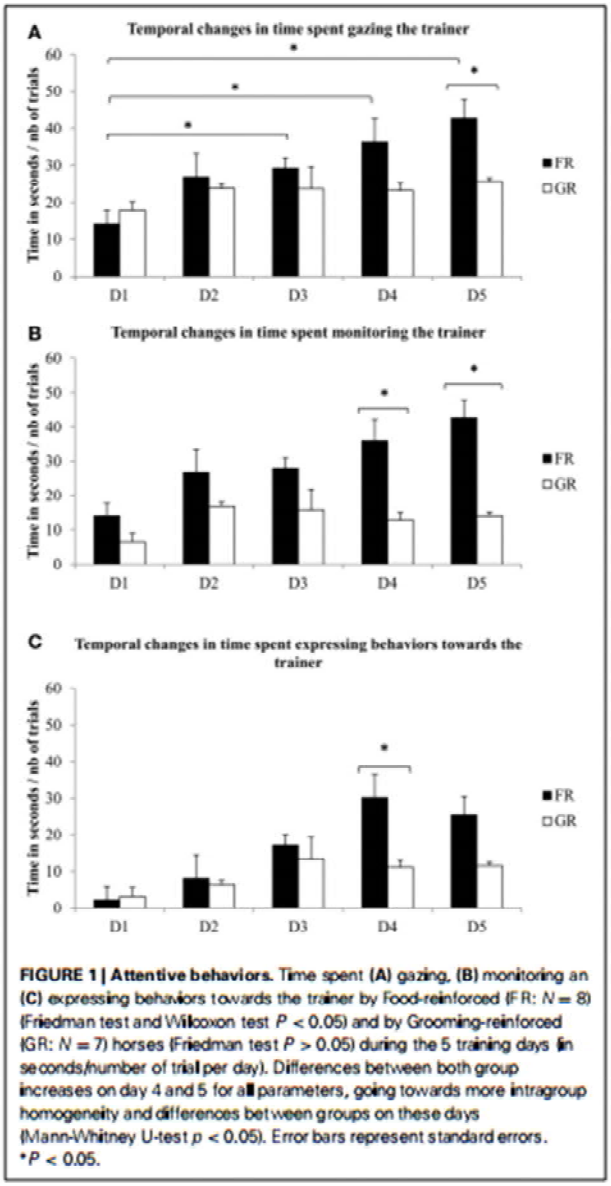


FIGURE 1 | Attentive behaviors. Time spent **(A)** gazing, **(B)** monitoring an **(C)** expressing behaviors towards the trainer by Food-reinforced (FR: $N = 8$) (Friedman test and Wilcoxon test $P < 0.05$) and by Grooming-reinforced (GR: $N = 7$) horses (Friedman test $P > 0.05$) during the 5 training days (in seconds/number of trial per day). Differences between both group increases on day 4 and 5 for all parameters, going towards more intragroup homogeneity and differences between groups on these days (Mann-Whitney U-test $p < 0.05$). Error bars represent standard errors. *$P < 0.05$.

horses' monitoring of their trainer and their behavior towards the trainer changed during the training course (monitoring the trainer: Friedman test $_{(N=8,\ df=4)} = 13.8$, $P = 0.008$; behaviors towards the trainer: Friedman test $_{(N=8,\ df=4)} = 15.8$, $P = 0.003$), whereas that of GR horses did not (monitoring the trainer: Friedman test $_{(N=7,\ df=4)} = 4$, $P = 0.41$; behaviors towards the trainer: Friedman test $_{(N=7,\ df=4)} = 7.2$, $P = 0.12$) (**Figures 1B,C**).

Differences between both groups increased on day 4 for all parameters, reaching clear statistical significance on day 4 and/or 5 which reflects an increased intragroup homogeneity. (**Figures 1A–C**). Thus, on day 4 and/or 5, FR horses directed more behaviors towards the trainer than did GR horses: they spent more time gazing (Mann–Whitney U-test on day 5: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 42.7 \pm 5.1$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 25.6 \pm 1$ s, $U = 2$, $P = 0.02$; **Figure 1A**), monitoring the trainer (Mann–Whitney U-test on day 4: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 35.9 \pm 6.3$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 13.1 \pm 7.8$ s; $U = 1$, $P = 0.01$; **Figure 1B** Mann–Whitney U-test on day 5: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 43.7 \pm 5$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 14.2 \pm 4$ s; $U = 1$, $P = 0.01$; **Figure 1B**), and expressing behavior towards the trainer (Mann–Whitney U-test on day 4: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 30.1 \pm 6.9$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 11.1 \pm 4$ s; $U = 2$, $P = 0.02$; **Figure 1C**). Conversely, GR horses spent the same amount of time gazing at (Friedman test $_{(N=7,\ df=4)} = 2.8$, $P = 0.59$) and monitoring the environment (Friedman test $_{(N=7,\ df=4)} = 4$, $P = 0.41$) over the whole set of sessions while FR horses showed a decrease until the third day (gazing: Friedman test $_{(N=8,\ df=4)} = 10.2$, $P = 0.03$; monitoring: Friedman test $_{(N=8,\ df=4)} = 12.6$, $P = 0.01$) and showed less time gazing (day 4: 10% of time; day 5: 21% of time) and monitoring (day 4: 10% of time; day 5: 21% of time) the environment on day 4 and 5 compared to gazing (day 4: 90% of time; day 5: 79% of time) and monitoring (day 4: 90% of time; day 5: 79% of time) the trainer. Thus, significant negative correlation between gazing at the trainer and gazing at the environment could be found in the second, fourth and last day of training (Spearman's correlation test: D1, $N = 15$, $rs = -0.33$, $p > 0.05$; D2, $rs = -0.82$, $p < 0.05$; D3: $rs = -0.51$, $p > 0.05$; D4: $rs = -0.55$, $p < 0.05$; D5: $rs = -0.78$, $p < 0.05$, **Figure 2**). For FR horses and GR horses distinctively, significant negative correlation between gazing at the trainer and gazing at the environment could be found in the second day (Spearman's correlation test: D2, $N_{FR} = 8$, $rs = -0.76$, $p < 0.05$; $N_{GR} = 7$, $rs = -0.86$, $p < 0.05$). Thus, on day 3, both groups differed significantly with FR horses being less attentive to the environment (gazing: Mann–Whitney U-test: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 1.9 \pm 0.7$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 7.8 \pm 2.3$ s; $U = 3$, $P = 0.04$; monitoring: Mann–Whitney U-test: $\tilde{X}_{FR} \pm SE = 1.8 \pm 0.7$ s, $\tilde{X}_{GR} \pm SE = 7.8 \pm 2.3$ s; $U = 3$, $P = 0.04$). Although not statistically significant, FR horses showed a decrease of agitated behaviors (Wilcoxon signed-rank test: $\tilde{X}_{D1} \pm SE = 33.7 \pm 9.2$ s, $_{D5} \pm SE = 8.1 \pm 4.2$ s, $n = 8$, $P = 0.09$) while no clear change over time could be observed in GR horses who showed a similar or higher time spent expressing agitated behaviors at D5 (Wilcoxon signed-rank test: $\tilde{X}_{D1} \pm SE = 11.8 \pm 4.3$ s, $\tilde{X}_{D5} \pm SE = 15.6 \pm 6.5$ s, $n = 7$, $P = 0.83$).

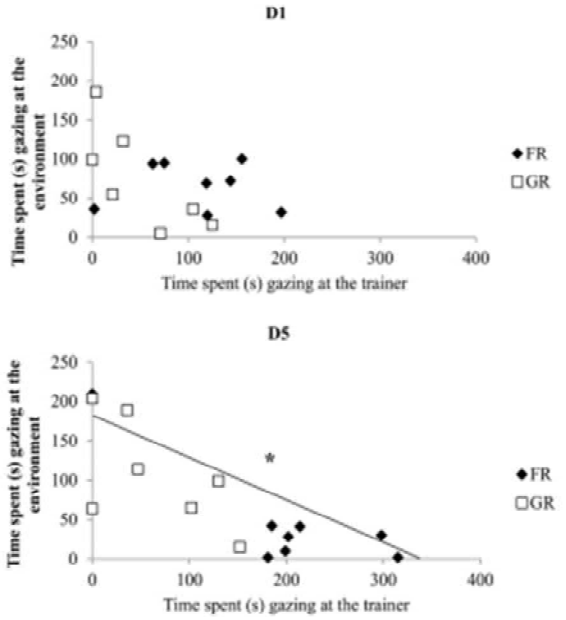


FIGURE 2 | Interrelation between observing the trainer and observing the environment. Correlation between times (in seconds) spent gazing at the trainer vs. gazing at the environment along training (Spearman's correlation test, *$p < 0.05$). FR, food rewarded horses; GR, grooming-rewarded horses. D1 represent the first day of training, D5 represent the last day of training.

RELATION BETWEEN ATTENTION AND LEARNING

Firstly, plotting the rate of learning (i.e., the day when each horse first reached the performance criterion: 60 s of immobility) and attentional measures (i.e., mean percentage of time gazing, monitoring, and expressing behaviors towards the trainer over all training days) revealed clear differential distribution between both groups of horses (K-S test, $p < 0.01$) (**Figure 3A**). Thus, all food rewarded horses were lumped in a tight relation with high level of attention towards the trainer in relation to faster learning. On the contrary, the curve showed high variability of grooming-rewarded horses in terms of attention, with some horses showing extreme slow learning. Interestingly, the two GR horses originated from the field ("semi-natural horses") are those that paid least attention towards the trainer, while the three FR "semi-natural horses" were just lumped with the domestic-raised FR horses. Secondly, plotting the relationship between visual trainer-directed attentional state at the beginning (i.e., day 1) and the end (i.e., day 5) of training with learning *per se*, revealed that there was no correlation on the first day of training. This situation on day 1 reflects a lack of relation between obeying (not much at that stage) and attention towards the trainer and was very different from that observed on day 5. After horses had had 5 sessions of training, a clear correlation appeared for FR horses showing that the more attentive horses had also better learning (Spearman's correlation test: $N = 8$, $rs = 0.78$, $p < 0.05$), (**Figure 3B**). Interrelation between improvement in learning performance in day 5 (i.e., seconds of immobility on day 5 minus seconds of immobility on day 1) and visual trainer-directed attention (i.e., gazes towards the trainer/number of trial on these days)

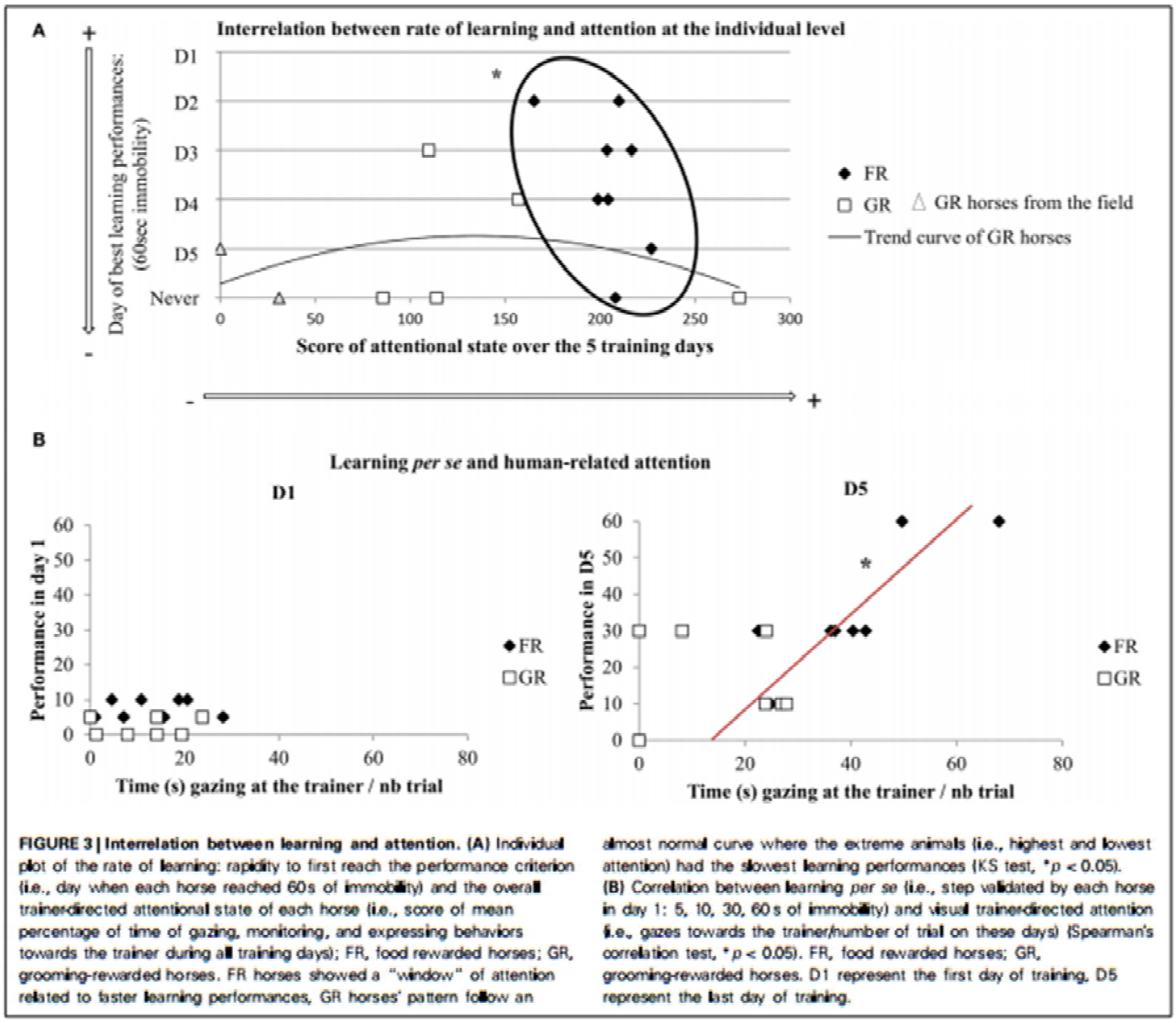


FIGURE 3 | Interrelation between learning and attention. **(A)** Individual plot of the rate of learning: rapidity to first reach the performance criterion (i.e., day when each horse reached 60 s of immobility) and the overall trainer-directed attentional state of each horse (i.e., score of mean percentage of time of gazing, monitoring, and expressing behaviors towards the trainer during all training days); FR, food rewarded horses; GR, grooming-rewarded horses. FR horses showed a "window" of attention related to faster learning performances, GR horses' pattern follow an almost normal curve where the extreme animals (i.e., highest and lowest attention) had the slowest learning performances (KS test, $^*p < 0.05$). **(B)** Correlation between learning *per se* (i.e., step validated by each horse in day 1: 5, 10, 30, 60 s of immobility) and visual trainer-directed attention (i.e., gazes towards the trainer/number of trial on these days) (Spearman's correlation test, $^*p < 0.05$). FR, food rewarded horses; GR, grooming-rewarded horses. D1 represent the first day of training, D5 represent the last day of training.

revealed that a clear correlation appeared for FR horses showing that the more attentive horses had also better improvement in learning performances (Spearman's correlation test: $N = 8$, $rs = 0.72$, $p < 0.05$), (**Figure 4**).

DISCUSSION

The comparison of task related attention according to the type of reward used in positive reinforcement training revealed clear overall differences: along training days, horses showed a real increase of attention towards the trainer in the case of a food reward while no such enhancement of attention was observed for a tactile reward at the group level. These results confirm those obtained in terms of learning performance on these same horses by Sankey et al. (2010c): FR horses were the only ones to showed an increase of performance over sessions. Grooming reward was associated with more inattentive visual responses (i.e., head orientation towards the environment) and no decrease of "agitated" behavior (i.e., moving forward or backward). Relationship between learning and attentional state revealed that fast learners are within an "optimal window of attention" promoted by food reward whereas slow learners showed individual variation of attention (i.e., too little or too much attention). Moreover, learning was influenced by attention which was highly visible at the end of the training where the more attentive horses (which were FR horses) had also better learning performances. Since the present study was based on an earlier dataset it was not possible to gather data on longer training periods. The increasing pattern of differences between both groups until clear differences on days 4 and/or 5 suggests that it would be worth in further studies to study longer time periods. Moreover, the trends of differences appeared clearly from day 3 and 4 on which may be a crucial step in training. In another training study, Sankey et al. (2010b) had shown that horses have anticipations on the quality of training sessions from day 3 on. Actually, the main difference

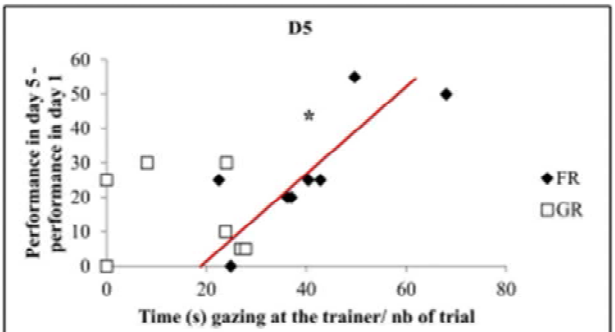


FIGURE 4 | Interrelation between improvement in learning performances and attention. Correlation between improvement in learning performance in day 5: seconds of immobility on day 5 minus seconds of immobility on day 1 and visual trainer-directed attention (i.e., gazes towards the trainer/number of trial on these days) (Spearman's correlation test, * $p < 0.05$). FR, food rewarded horses; GR, grooming-rewarded horses. D5 represent the last day of training.

between both procedures was the homogeneity of responses of FR horses as compared to GR horses. This was clearly reflected by the curves relating human-directed attention and rate of learning. Most GR horses showed lower attention and performances than FR horses, or on the contrary showed extremely high attention towards the trainer but slow performances, reminding of Lesimple et al. (2012)'s findings where horses had their attention focused on humans' as they relied upon them to solve a cognitive task. In the same way, dogs that were more dependent to their owners (more glancing and following) showed also decreased problem solving abilities in a cognitive task (Topál et al., 1997). Interestingly, in our study this "excessive" attention concerned a domestic raised horse that was hence used to human provisioning and to human positive actions since an early age. "Semi-naturally" raised horses showed much less interest for humans in the GR group, which may be related to the fact that their only other direct contact with human had been catching from the field followed by separation from their dams and peers. Another two GR horses showed both intermediate levels of attention and good learning performances. Therefore, it seems that there could be an "optimal" window of human-directed attention that favors learning of the task, while lowered or "excessive" attention prevents making the right association between the human and the task to be learned. On the other hand, learning was influenced by attention which was highly visible on day 5. At the beginning of training, there was a lack of relation between obeying and attention towards trainer but at the end of training, the more attentive horses (which were FR horses) had also better learning performances.

This study, showing that grooming reward did not enhance attentional state in horses, is in line with earlier findings that a grooming reward cannot be considered as a primary reinforcement for horses as it did not enhance the learning performances either (Sankey et al., 2010c). Grooming the withers therefore does not appear to be an efficient reward for horses. One first explanation could be that here grooming by a human handler was performed during 5 s which could be too short to elicit an heart rate decrease, contrary to 3-min grooming that has been shown to decrease horses' heart rate (Feh and De Mazières, 1993). Nevertheless, it has been previously shown that even 10 min of gentle tactile stimulation is not forcefully perceived as a positive event by foals (Henry et al., 2006, 2009). One has also to consider that a decrease in heart rate does not mean that it is perceived sufficiently positively to be considered as reinforcement and thus promote learning (Sankey et al., 2010c). Another explanation could be that the rewarding effect of grooming may not be immediate enough for establishing the link between the horse's required behavior and the reward: unlike food reward which had immediate benefits, grooming reward could be coupled with a temporal contiguity problem (Schultz, 2004). The main hypothesis is that in horses, physical contact is less crucial in terms of survival than food as it is very restricted through occasional licking of the young by its dam and adult mutual grooming, which only represents 2–3% of their time-budget and is more frequent at some times of year (e.g., moulting) (Boyd et al., 1988). Although grooming the withers is considered to play a positive social role, grooming by a human may depend upon time of year and/or may not create a sufficiently positive emotion to have a rewarding value and to promote attention and learning. The grooming rewarded horses' behavior expressed in the present study are similar to those of non-reinforced horses observed in other studies using the same procedure both in terms of performance (Sankey et al., 2010a) and attention (Brajon et al., in preparation). Of course, tactile stimulation may become positive if associated with a primary reward such as food, becoming a secondary reinforcement. In contrast, all food rewarded horses showed an increased performance (Sankey et al., 2010a,b,c) and attention (i.e., more gazes, ears, neck, and sniffing towards the trainer) (Brajon et al., in preparation) in different studies using different breeds (i.e., French saddlebreds, Koniks) and/or types of food (i.e., pellets, carrots). Our study confirms that horses are able to learn human words and the corresponding expected task. These findings therefore seem to rely upon general principles that relate the positive, neutral, or negative valence of stimuli associated with the learning task. Thus the emotional content of an event can modify and update the goals and consequently alter the direction of attention to a stimulus (Taylor and Fragopanagos, 2005). On the contrary, excessive motivation may lead to inappropriate behaviors that prevent learning or inhibit flexibility (Quay, 1997). This emotional, rewarding or punishing, content may modulate visual selection and therefore selective attention (Raymond, 2009). On one hand, stimuli carrying a positive emotional charge may increase the representational strength of these stimuli and thus enhance motivation to perform the requested response (Taylor and Fragopanagos, 2005). For instance, motivating stimuli (e.g., monetary reward) attract and hold humans' attention in learning tasks better than neutral stimuli (Krapp, 1999; Libera and Chelazzi, 2006). This may also be the case when food reinforcement is used to train horses. Indeed, in animal behavioral studies, motivation is defined as "a construct used to describe the strength or willingness with which an animal engages in behavior" (Toates, 1986, cited by Kirkden and Pajor, 2006). Thus, earlier findings showed that the few short food mediated interactions promote learning and memory but also a positive relationship with humans both at short and

long term: horses trained with a food reward approached sooner and remained closer to humans during human-animal relation tests after and outside training (Hausberger et al., 2008; Sankey et al., 2010a,b,c), therefore suggesting that positive emotions and motivation are involved. On the other hand, emotional stimuli carrying a negative charge induce various responses. Indeed, studies using aversive conditioning provided contrasting results. Stormark and Hugdahl (1997), training human subjects to perform a spatial orienting task (Posner et al., 1982), found that the subjects' attention moved away from the location of a cue faster when that cue was aversive. In contrast, Armony and Dolan (2002) using a similar task found that frightening cues captured subjects' attention, and this led to difficulties in shifting attention to the correct location. Sankey et al. (2010b) found that horses negatively reinforced during a learning task had an increase of heart rate, made more head movements and less gazes towards their trainer whereas horses positively reinforced had no heart rate increase and low and round neck position, suggesting a calmness state and a positive perception of the situation (von Borstel et al., 2009). In our study, punishment was never used, nor was negative reinforcement, and hence could not impact horses' attention.

Finally, the finding that food rewards have durable beneficial effects on most horses' learning performances and relationships with humans in Sankey et al. (2010c) may be linked to the motivational and hence attentional processes generated by the trainer who gives the food reward and therefore promotes learning of the association between her and the positive valence of the situation. In other words, since horses' selective attentional state increased in the presence of a food reward, they focused on the important input (e.g., the trainer and her orders) and thus showed better learning performances and durable positive relationships with humans as revealed by Sankey et al. (2010c), linked with positive emotions and motivation due to the positive valence of the situation. Moreover, neuronal substrates such as lateral prefrontal (for detecting changes in the external environment, Knight et al., 1995), superior and inferior parietal cortex (for spatial representation and updating, coordinate transformation, as well as abstract motor planning, Behrmann et al., 2004), and anterior cingulate gyrus (for motivational aspect, Nebel et al., 2005) are involved in tasks of focused attention in humans (Nebel et al., 2005). These structures are supposed to form the basis of a higher attention related network which is linked with encoding relevant and motivated information for an individual and then enhancing their learning and memorization performances (Treisman, 1969). Visual indicators of attention were used even if the trainer gave an auditory signal. This is in accordance with earlier studies showing that auditory inputs may, according to their significance, elicit visual exploration (Basile et al., 2009; Lemasson et al., 2009; Proops et al., 2009). Actually, visual attentional behavior such as gazes (and especially mutual gazes) can also be associated with trying to identify a human's intentions or expectations (Sankey et al., 2011; Lesimple et al., 2012) or may be part of the development of the building of a positive relationship, as observed in some primate species (Micheletta and Waller, 2012). It may also reflect as well the emotional and mental state of the subject (Emery, 2000).

This study, based on horses, reveals the complex pattern relating attentional processes to learning performances. It shows that whereas primary rewards do increase both attention and performances in most individuals, other rewards may have effects varying according to the individual's sensitivity and life experience. Most of all it shows that there is a window of "optimal attention" that promotes learning per session and for all training, whereas too little or "excessive" attention leads to worse learning performances. Thus, learning performances appears to be mediated by an optimal attention promoted by food reward. These results open new lines of thought about individual sensitivities (only individuals can tell what an appropriate reward is), attentional processes and learning.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Professor Jaworski and the staff at the research Station for Ecological Agriculture and Preservation of Animal Breeding, Popielno, Poland, where the study was performed. The authors are grateful to R. Ha for statistical advise and A. Cloarec for correcting the English of this manuscript. The authors thank C. Coye, C. Fureix, D. Kremers, C. Lesimple, A. Maille, and H. Thieltges for helpful discussions. The authors thank the COST of the "Haras Nationaux" and the "Région Bretagne" for financial support.

REFERENCES

Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49, 227–266. doi: 10.1163/156853974X00534

Anderson, J. R. (1998). Social stimuli and social rewards in primate learning and cognition. *Behav. Process.* 42, 159–175. doi: 10.1016/S0376-6357(97)00074-0

Armony, J. L., and Dolan, R. J. (2002). Modulation of spatial attention by fear-conditioned stimuli: an event-related fMRI study. *Neuropsychologia* 40, 817–826. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00178-6

Baragli, P., Gazzano, A., Marteli, F., and Sighieri, C. (2009). How do horses appraise humans' actions? A brief note over a practical way to assess stimulus. *J. Equine Vet. Sci.* 29, 739–742. doi: 10.1016/j.jevs.2009.08.006

Baragli, P., Mariti, C., Petri, L., De Giorgio, F., and Sighieri, C. (2011). Does attention make the difference? Horses' response to human stimulus after 2 different training strategies. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 6, 31–38. doi: 10.1016/j.jveb.2010.08.020

Basile, M., Boivin, S., Boutin, A., Blois-Heulin, C., Hausberger, M., and Lemasson, A. (2009). Socially dependent auditory laterality in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 12, 611–619. doi: 10.1007/s10071-009-0220-5

Behrmann, M., Geng, J. J., and Shomstein, S. (2004). Parietal cortex and attention. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14, 212–217. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.012

Bertin, A., Hausberger, M., Henry, L., and Richard-Yris, M.-A. (2007). Adult and peer influences on starling song development. *Dev. Psychobiol.* 49, 362–374. doi: 10.1002/dev.20223

Blois-Heulin, C. (1999). Variability in social visual attention in the red-capped mangabey (*Cercocebus torquatus torquatus*) and the grey-cheeked mangabey (*Cercocebus albigena albigena*). *Folia Primatol.* 70, 264–268. doi: 10.1159/000021705

Boyd, L., Carbonaro, D., and Houpt, K. (1988). The 24-hour time-budget of Przewalski horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21, 5–17. doi: 10.1016/0168-1591(88)90098-6

Call, J., Bräuer, J., Kaminski, J., and Tomasello, M. (2003). Domestic dogs (*Canis familiaris*) are sensitive to the attentional state of humans. *J. Comp. Psychol.* 117, 257–263. doi: 10.1037/0735-7036.117.3.257

Chance, M. R. A., and Jolly, C. (1970). *Social Groups of Monkeys, Apes and Men.* London: Jonathan Cape.

Chance, P. (1992). The rewards of learning. *Phi Delta Kappan* 73, 200–207.

Cousillas, H., George, I., Henry, L., Richard, J.-P., and Hausberger, M. (2008). Linking social and vocal brains: could social segregation prevent a proper development of a central auditory area in a female songbird? *PLoS ONE* 3:e2194. doi: 10.1371/journal.pone.0002194

Cousillas, H., George, I., Mathelier, M., Richard, J.-P., Henry, L., and Hausberger, M. (2006). Social experience influences the development of a central auditory area. *Naturwissenschaften* 93, 588–596. doi: 10.1007/s00114-006-0148-4

Davids, E., Zhang, K., Tarazi, F. I., and Baldessarini, R. J. (2003). Animal models of attention-deficit hyperactivity disorder. *Brain Res. Rev.* 42, 1–21. doi: 10.1016/S0165-0173(02)00274-6

Emery, N. J. (2000). The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 24, 581–604. doi: 10.1016/S0149-7634(00)00025-7

Feh, C. (2005). "Relationship and communication in socially natural horse herds," in *The Domestic Horse*, eds D. Mills and S. McDonnell (Cambridge: Cambridge University Press), 83–93.

Feh, C., and De Mazières, J. (1993). Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Anim. Behav.* 46, 1191–1194. doi: 10.1006/anbe.1993.1309

Fureix, C., Jego, P., Sankey, C., and Hausberger, M. (2009). How horses (*Equus caballus*) see the world: humans as significant "objects". *Anim. Cogn.* 12, 643–654. doi: 10.1007/s10071-009-0223-2

Giurfa, M. (2013). Cognition with few neurons: higher-order learning in insects. *Trends Neurosci.* 36, 285–294. doi: 10.1016/j.tins.2012.12.011

Hattori, Y., Kuroshima, H., and Fujita, K. (2007). I know you are not looking at me: capuchin monkeys' (*Cebus apella*) sensitivity to human attentional states. *Anim. Cogn.* 10, 141–148. doi: 10.1007/s10071-006-0049-0

Hausberger, M., and Muller, C. (2002). A brief note on some possible factors involved in the reactions of horses to humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76, 339–344. doi: 10.1016/S0168-1591(02)00016-3

Hausberger, M., Roche, H., Henry, S., and Visser, E. K. (2008). A review of the human–horse relationship. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109, 1–24. doi: 10.1016/j.applanim.2007.04.015

Henry, S., Hemery, D., Richard, M.-A., and Hausberger, M. (2005). Human–mare relationships and behaviour of foals toward humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 341–362. doi: 10.1016/j.applanim.2005.01.008

Henry, S., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2006). Influence of various early human–foal interferences on subsequent human–foal relationship. *Dev. Psychobiol.* 48, 712–718. doi: 10.1002/dev.20189

Henry, S., Richard-Yris, M.-A., Tordjman, S., and Hausberger, M. (2009). Neonatal handling affects durably bonding and social development. *PLoS ONE* 4:e5216. doi: 10.1371/journal.pone.0005216

Hinde, R. A. (1979). *Towards Understanding Relationships*. London: Academic Press.

Horn, L., Virányi, Z., Miklósi, Á., Huber, L., and Range, F. (2012). Domestic dogs (*Canis familiaris*) flexibly adjust their human-directed behavior to the actions of their human partners in a problem situation. *Anim. Cogn.* 15, 57–71. doi: 10.1007/s10071-011-0432-3

Jezierski, T., Jaworski, Z., and Górecka, A. (1999). Effects of handling on behaviour and heart rate in Konik horses: comparison of stable and forest reared youngstock. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62, 1–11. doi: 10.1016/S0168-1591(98)00209-3

Kaminski, J., Call, J., and Tomasello, M. (2004). Body orientation and face orientation: two factors controlling apes' begging behavior from humans. *Anim. Cogn.* 7, 216–223. doi: 10.1007/s10071-004-0214-2

Keeling, L. J., Jonare, L., and Lanneborn, L. (2009). Investigating horse–human interactions: the effect of a nervous human. *Vet. J.* 181, 70–71. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.03.013

Kirkden, R. D., and Pajor, E. A. (2006). Using preference, motivation and aversion tests to ask scientific questions about animals' feelings. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 100, 29–47. doi: 10.1016/j.applanim.2006.04.009

Knight, R. T., Grabowecky, M. F., and Scabini, D. (1995). Role of human prefrontal cortex in attention control. *Adv. Neurol.* 66, 21–34. discussion: 34–36.

Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: an educational-psychological perspective. *Eur. J. Psychol. Educ.* 14, 23–40. doi: 10.1007/BF03173109

Krueger, K., Flauger, B., Farmer, K., and Maros, K. (2011). Horses (*Equus caballus*) use human local enhancement cues and adjust to human attention. *Anim. Cogn.* 14, 187–201. doi: 10.1007/s10071-010-0352-7

Kruschke, J. K. (2003). Attention in Learning. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 12, 171–175. doi: 10.1111/1467-8721.01254

Lampe, J., and Andre, J. (2012). Cross-modal recognition of human individuals in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 15, 623–630. doi: 10.1007/s10071-012-0490-1

Lemasson, A., Boutin, A., Boivin, S., Blois-Heulin, C., and Hausberger, M. (2009). Horse (*Equus caballus*) whinnies: a source of social information. *Anim. Cogn.* 12, 693–704. doi: 10.1007/s10071-009-0229-9

Lesimple, C., Sankey, C., Richard, M. A., and Hausberger, M. (2012). Do horses expect humans to solve their problems? *Front. Psychol.* 3:306. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00306

Libera, C. D., and Chelazzi, L. (2006). Visual selective attention and the effects of monetary rewards. *Psychol. Sci.* 17, 222–227. doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01689.x

Maille, A., Engelhart, L., Bourjade, M., and Blois-Heulin, C. (2012). To beg, or not to beg? that is the question: mangabeys modify their production of requesting gestures in response to human's attentional states. *PLoS ONE* 7:e41197. doi: 10.1371/journal.pone.0041197

Marler, P. (1965). "Communication in monkeys and apes," in *Primate Behavior*, ed I. DeVore (New York, NY: Holt, Rinehart and Winston), 544–584.

Maros, K., Gácsi, M., and Miklósi, Á. (2008). Comprehension of human pointing gestures in horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 11, 457–466. doi: 10.1007/s10071-008-0136-5

Maxime, H. (2013). *RVAideMemoire: Diverse Basic Statistical and Graphical Functions. R Package Version 0.9-27*. Available online at: http://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire

McDonnell, S. M. (2000). How to rehabilitate horses with injection shyness (or any procedure non-compliance). *AAEP Proc.* 46, 168–172.

McGreevy, P. D., and McLean, A. N. (2011). *Equitation Science*. John Wiley & Sons.

McKinley, J., and Sambrook, T. D. (2000). Use of human-given cues by domestic dogs (*Canis familiaris*) and horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 3, 13–22. doi: 10.1007/s100710050046

Micheletta, J., and Waller, B. M. (2012). Friendship affects gaze following in a tolerant species of macaque, *Macaca nigra*. *Anim. Behav.* 83, 459–467. doi: 10.1016/j.anbehav.2011.11.018

Miklósi, Á., and Soproni, K. (2006). A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Anim. Cogn.* 9, 81–93. doi: 10.1007/s10071-005-0008-1

Mills, D. S., and McDonnell, S. M. (2005). *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of its Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nebel, K., Wiese, H., Stude, P., de Greiff, A., Diener, H.-C., and Keidel, M. (2005). On the neural basis of focused and divided attention. *Cogn. Brain Res.* 25, 760–776. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.09.011

Oades, R. D., and Sartory, G. (1997). The problems of inattention: methods and interpretations. *Behav. Brain Res.* 88, 3–10. doi: 10.1016/S0166-4328(97)02303-6

Posner, M. I., Cohen, Y., and Rafal, R. D. (1982). Neural systems control of spatial orienting. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 298, 187–198. doi: 10.1098/rstb.1982.0081

Posner, M. I., Snyder, C. R., and Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *J. Exp. Psychol. Gen.* 109, 160–174. doi: 10.1037/0096-3445.109.2.160

Proops, L., and McComb, K. (2010). Attributing attention: the use of human-given cues by domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 13, 197–205. doi: 10.1007/s10071-009-0257-5

Proops, L., and McComb, K. (2012). Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*) extends to familiar humans. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 279, 3131–3138. doi: 10.1098/rspb.2012.0626

Proops, L., McComb, K., and Reby, D. (2009). Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106, 947–951. doi: 10.1073/pnas.0809127105

Quay, H. C. (1997). Inhibition and attention deficit hyperactivity disorder. *J. Abnorm. Child Psychol.* 25, 7–13. doi: 10.1023/A:1025779122529

Range, F., Horn, L., Bugnyar, T., Gajdon, G. K., and Huber, L. (2009). Social attention in keas, dogs, and human children. *Anim. Cogn.* 12, 181–192. doi: 10.1007/s10071-008-0181-0

Range, F., and Huber, L. (2007). Attention in common marmosets: implications for social-learning experiments. *Anim. Behav.* 73, 1033–1041. doi: 10.1016/j.anbehav.2006.07.015

Raymond, J. (2009). "Interactions of attention, emotion and motivation," in *Progress in Brain Research*, ed N. Srinivasan (New York, NY: Elsevier), 293–308.

R Development Core Team. (2011). *R: A Language And Environment For Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available online at: http://www.R-project.org/

Sankey, C., Henry, S., André, N., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2011). Do horses have a concept of person? *PLoS ONE* 6:e18331. doi: 10.1371/journal.pone.0018331

Sankey, C., Henry, S., Górecka-Bruzda, A., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2010c). The way to a man's heart is through his stomach: what about horses? *PLoS ONE* 5:e15446. doi: 10.1371/journal.pone.0015446

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Leroy, H., Henry, S., and Hausberger, M. (2010a). Positive interactions lead to lasting positive memories in horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* 79, 869–875. doi: 10.1016/j.anbehav.2009.12.037

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Henry, S., Fureix, C., Nassur, F., and Hausberger, M. (2010b). Reinforcement as a mediator of the perception of humans by horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 13, 753–764. doi: 10.1007/s10071-010-0326-9

Schultz, W. (2004). Neural coding of basic reward terms of animal learning theory, game theory, microeconomics and behavioural ecology. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14, 139–147. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.017

Schwab, C., and Huber, L. (2006). Obey or not obey? Dogs (*Canis familiaris*) behave differently in response to attentional states of their owners. *J. Comp. Psychol.* 120, 169–175. doi: 10.1037/0735-7036.120.3.169

Siegel, S., and Castellan, N. (1988). *Non Parametric Statistics for the Behavioral Sciences, 2nd Edn.* Boston, MA: McGraw-Hill. 399.

Spaethe, J., Tautz, J., and Chittka, L. (2006). Do honeybees detect colour targets using serial or parallel visual search? *J. Exp. Biol.* 209, 987–993. doi: 10.1242/jeb.02124

Stormark, K. M., and Hugdahl, K. (1997). Conditioned emotional cueing of spatial attentional shifts in a go/no-go RT task. *Int. J. Psychophysiol.* 27, 241–248. doi: 10.1016/S0167-8760(97)00065-2

Taylor, J. G., and Fragopanagos, N. F. (2005). The interaction of attention and emotion. *Neural Netw.* 18, 353–369. doi: 10.1016/j.neunet.2005.03.005

Toates, F. (1986). *Motivational Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.

Topál, J., Miklósi, A., and Csányi, V. (1997). Dog-human relationship affects problem-solving behavior in the dog. *Anthrozoos* 10, 214–224. doi: 10.2752/089279397787000987

Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychol. Rev.* 76, 282–299. doi: 10.1037/h0027242

van Swinderen, B., and Greenspan, R. J. (2003). Salience modulates 20–30 Hz brain activity in Drosophila. *Nat. Neurosci.* 6, 579–586. doi: 10.1038/nn1054

von Borstel, U. U., Heatly Duncan, I. J., Shoveller, A. K., Merkies, K., Keeling, L. J., and Millman, S. T. (2009). Impact of riding in a coercively obtained Rollkur posture on welfare and fear of performance horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 228–236. doi: 10.1016/j.applanim.2008.10.001

Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M.-V., Janczak, A. M., Visser, E. K., et al. (2006). Assessing the human–animal relationship in farmed species: a critical review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 185–242. doi: 10.1016/j.applanim.2006.02.001

Waring, G. (2003). *Horse Behavior, 2nd Edn.* Norwich, NY: Noyes Publications/William Andrew Publishing. 442.

Weigel, R. M. (1979). The facial expression of the brown capuchin monkey (*Cebus apella*). *Behavior* 68, 250–276. doi: 10.1163/156853979X00331

Xitco, M. J., Gory, J. D., and Ii, S. A. K. (2004). Dolphin pointing is linked to the attentional behavior of a receiver. *Anim. Cogn.* 7, 231–238. doi: 10.1007/s10071-004-0217-z

Xitco, M. J., Gory, J. D., and Kuczaj, S. A. (2001). Spontaneous pointing by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Anim. Cogn.* 4, 115–123. doi: 10.1007/s100710100107

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Received: 18 February 2013; accepted: 27 January 2014; published online: 13 February 2014.

Citation: Rochais C, Henry S, Sankey C, Nassur F, Górecka-Bruzda A and Hausberger M (2014) Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (Equus caballus). Front. Psychol. 5:108. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00108

This article was submitted to Comparative Psychology, a section of the journal Frontiers in Psychology.

Copyright © 2014 Rochais, Henry, Sankey, Nassur, Górecka-Bruzda and Hausberger. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Discussion

Les résultats obtenus lors de ces deux études mettent en évidence un impact des actions de l'homme sur l'attention des chevaux lors d'une tâche d'apprentissage. Les résultats convergent pour indiquer que l'utilisation d'un renforcement positif primaire (*i.e.* une récompense alimentaire) apparaît être un outil pertinent pour améliorer non seulement l'attention du cheval, mais aussi ses performances d'apprentissage lors de l'entrainement. Ces études confirment que l'utilisation d'un renforcement positif primaire peut donner une valence positive à la situation mais aussi à l'homme impliqué dans l'interaction. Cette valence positive permet une augmentation de la motivation des chevaux vers le stimulus positif (*i.e.* renforcement) et ainsi vers la tâche à apprendre. Cette motivation entraine une augmentation de l'attention menant vers de meilleurs performances d'apprentissage et une amélioration de la relation à l'homme (Sankey *et al.*, 2010 a,b,c).

L'attention, un indicateur d'une relation à l'homme positive

L'utilisation d'un renforcement positif primaire lors d'une tâche d'apprentissage entraine des différences comportementales claires entre nos lots expérimentaux. Dans notre première étude (**article 9**), les chevaux entrainés avec un renforcement positif primaire ont une augmentation du temps passé avec au moins une oreille orientée vers l'expérimentateur et ce dès le premier jour d'entrainement. Que ce soit lors de notre première (**article 9**) ou lors de notre seconde (**article 10**) étude, les chevaux entrainés avec un renforcement positif primaire ont eu une forte augmentation du temps passé à être attentif envers l'entraineur (*i.e.* regards, monitoring) au cours de l'entrainement, alors que ce pattern comportemental n'a pas été retrouvé chez les chevaux contrôles ou les chevaux entrainés avec une action tactile. Un renforcement positif primaire a donc un effet très rapide (*i.e.* dès le premier jour d'entrainement) sur des capacités cognitives comme l'attention ou l'apprentissage chez l'animal (Fukuzawa & Hayashi, 2013). Mais cet outil permet aussi le maintien de l'attention des individus au cours de l'entrainement (Nicol, 2005).

Dans ces deux études, l'orientation du regard peut être associée à l'identification des intentions de l'expérimentateur (*e.g.* Lesimple *et al.*, 2012; Sankey *et al.*, 2011). Le regard pourrait également refléter l'état émotionnel positif des chevaux vers l'entraineur (Emery, 2000). Par ailleurs, l'orientation du regard peut aussi traduire le développement d'une relation

positive entre les protagonistes, comme déjà observé chez certaines espèces de primates non humains (Micheletta & Waller, 2012).

La mise en place de cette relation positive entre l'homme et le cheval est influencée par l'expérience acquise avec l'homme. Comme chez d'autres espèces, la nature positive des interactions avec l'homme ont induit une recherche de proximité et de contact par les chevaux, qui reflète une perception de l'homme en tant que source d'émotions plaisantes et stimulus rassurant (Hausberger *et al.*, 2008; McDonnell & Poulin, 2002). De plus, les chevaux observés lors de notre seconde étude avaient aussi été confrontés à des tests de relation à l'homme (*i.e.* test de présence passive de l'homme) 1 jour après l'entrainement (Sankey *et al.*, 2010a). Les chevaux entrainés avec une récompense alimentaire mettaient moins de temps à approcher l'expérimentateur et passaient plus de temps proche de celui-ci hors contexte d'entrainement par rapport aux chevaux entrainés avec une action tactile, reflétant l'établissement d'une relation à l'homme positive (Sankey *et al.*, 2010a).

L'établissement d'une relation à l'homme positive semble couplé à la mémorisation rapide des expériences passées avec l'homme. Les comportements d'anticipation reflètent la sensibilité des individus aux expériences antérieures *via* une augmentation de l'attention/de l'activité des individus vers un but particulier (Craig, 1917). Une semaine d'entrainement en utilisant une récompense alimentaire permet l'expression de ces comportements d'anticipation (*i.e.* augmentation de l'attention et localisation des chevaux dans la zone de test), suggérant une mémoire positive rapide de l'expérimentateur. Les comportements d'anticipation, tels qu'une orientation de l'attention et une locomotion vers un stimulus familier, pourraient indiquer un de l'état de bien-être des animaux (*e.g.* cheval: Peters *et al.*, 2012; poule: Moe *et al.*, 2014).

Valence émotionnelle du renforcement, attention et apprentissage

Les relations entre attention et apprentissage peuvent être complexes. Il semblerait qu'une attention « excessive » envers l'homme nuise aux performances d'apprentissage dans certains contextes : certains auteurs indiquent que des animaux domestiques peuvent être trop attentifs car très « dépendants » des actions de l'homme (*e.g.* pour avoir accès à une ressource alimentaire). Ils attendraient alors que l'homme résolve la tâche plutôt que de le faire eux-mêmes (*cheval* : (Lesimple *et al.*, 2012b) ; *chien* : Topál *et al.*, 1997). A l'inverse, l'absence

d'attention envers l'homme ne permet pas non plus d'améliorer les performances d'apprentissage (article 10). Ces résultats rejoignent la plupart des études chez l'homme indiquant qu'un déficit attentionnel entraine des perturbations des capacités d'apprentissage (Kanfer & Ackerman, 1989; Randall *et al.*, 2014). Il existerait donc une fenêtre optimale d'attention envers l'homme, permettant de meilleures performances d'apprentissage. Cette attention optimale semble médiée par l'utilisation d'un renforcement positif primaire. En effet, dans notre seconde étude (article 10), l'ensemble des chevaux entrainés avec un renforcement positif primaire se trouvent dans cette fenêtre optimale d'attention, menant vers un pattern comportemental plus homogène par rapport aux chevaux entrainés avec une action tactile. Ainsi, l'utilisation d'une récompense alimentaire apparaît être une action pertinente pour l'ensemble des individus.

Le choix du renforcement semble être un facteur crucial pour améliorer l'attention des chevaux et leurs performances d'apprentissage. Si un contact tactile peut avoir une valeur de renforcement chez certaines espèces comme le chien (Price, 1999) ou le chat (Lowe & Bradshaw, 2001), il semble que ce ne soit pas le cas chez le cheval (article 10). Les chevaux entraînés avec un grattage au niveau du garrot présentent les mêmes patterns comportementaux que les chevaux témoins dans notre première étude (article 9). Ils sont moins attentifs que les chevaux entrainés avec une récompense alimentaire et peuvent même présenter des comportements d'inconforts (von Borstel *et al.*, 2009). Le contact tactile apparaît moins crucial pour le cheval et cela peut-être dû au fait que les contacts tactiles entre les chevaux ont lieu à des périodes particulières de l'année ou de la vie de l'individu et sont assez rares au quotidien (*e.g.* léchage du poulain par la mère : Henry *et al.*, 2009, toilettage mutuel à la période de mue : Boyd *et al.*, 1988). Cette action tactile serait plutôt à considérer comme un renforcement secondaire, c'est-à-dire qu'elle ne serait pas spontanément positive chez le cheval, mais pourrait devenir un renforcement par association préalable avec un renforcement primaire (McCall, 1990 ; Henry *et al.*, 2006). De plus, comme chez l'homme des différences interindividuelles peuvent exister quant à la perception d'un contact tactile (Ackerley *et al.*, 2014). Dès lors, il est donc primordial de considérer les caractéristiques propres à la vie sensorielle et sociale de chaque espèce.

L'absence d'utilisation de renforcement ou l'utilisation de stimuli non pertinents pour les chevaux (*e.g.* action tactile) entrainent un « désintérêt » des individus pour l'homme et ainsi pour la tâche à apprendre. Ces chevaux présentent donc des performances

d'apprentissage moindres, soutenant l'impact majeur de l'état motivationnel, donc aussi attentionnel des individus sur les performances d'apprentissage (Krapp, 1999). Cependant, dans nos deux études certains individus témoins ou ayant été entrainés avec une action tactile ont tout de même commencé à apprendre la tâche d'immobilité. Ces résultats ouvrent des pistes de réflexion quant à l'impact d'actions non intentionnelles de l'entraineur sur le comportement des chevaux. Etant donné que les chevaux sont capables de percevoir l'état attentionnel de l'homme sur la base d'indices visuels et de modifier leur comportement en conséquence (Sankey *et al.,* 2011), il peut être envisageable que l'orientation du regard de l'entraineur puisse avoir influencé l'obéissance des chevaux lors de l'entrainement et ainsi leurs performances d'apprentissage.

A l'heure actuelle, la majorité des méthodes d'entraînement chez le cheval est basée sur l'utilisation du renforcement négatif (Waran & Casey, 2005 ; Murphy & Arkins, 2007 ; Warren-Smith & McGreevy, 2008). L'utilisation de renforcements négatifs ou d'actions non pertinentes pour le cheval (*e.g.* action tactile) peut entrainer un stress, délétère pour les performances d'apprentissage (Mendl, 1999). Un stress important entrainera des changements d'orientation de l'attention des animaux vers les stimuli négatifs (*e.g.* cravache) plutôt que vers la tâche à apprendre. Ces animaux exprimeront des comportements inadéquats par rapport au contexte d'apprentissage dus au manque de perception des bonnes informations à apprendre (Nicol, 2005). La répétition de l'utilisation d'actions non adaptées, comme l'utilisation exclusive de renforcement négatif ou des actions tactiles mal perçues, pourraient potentiellement créer un stress chronique pouvant altérer l'état de bien-être des chevaux.

Conclusion

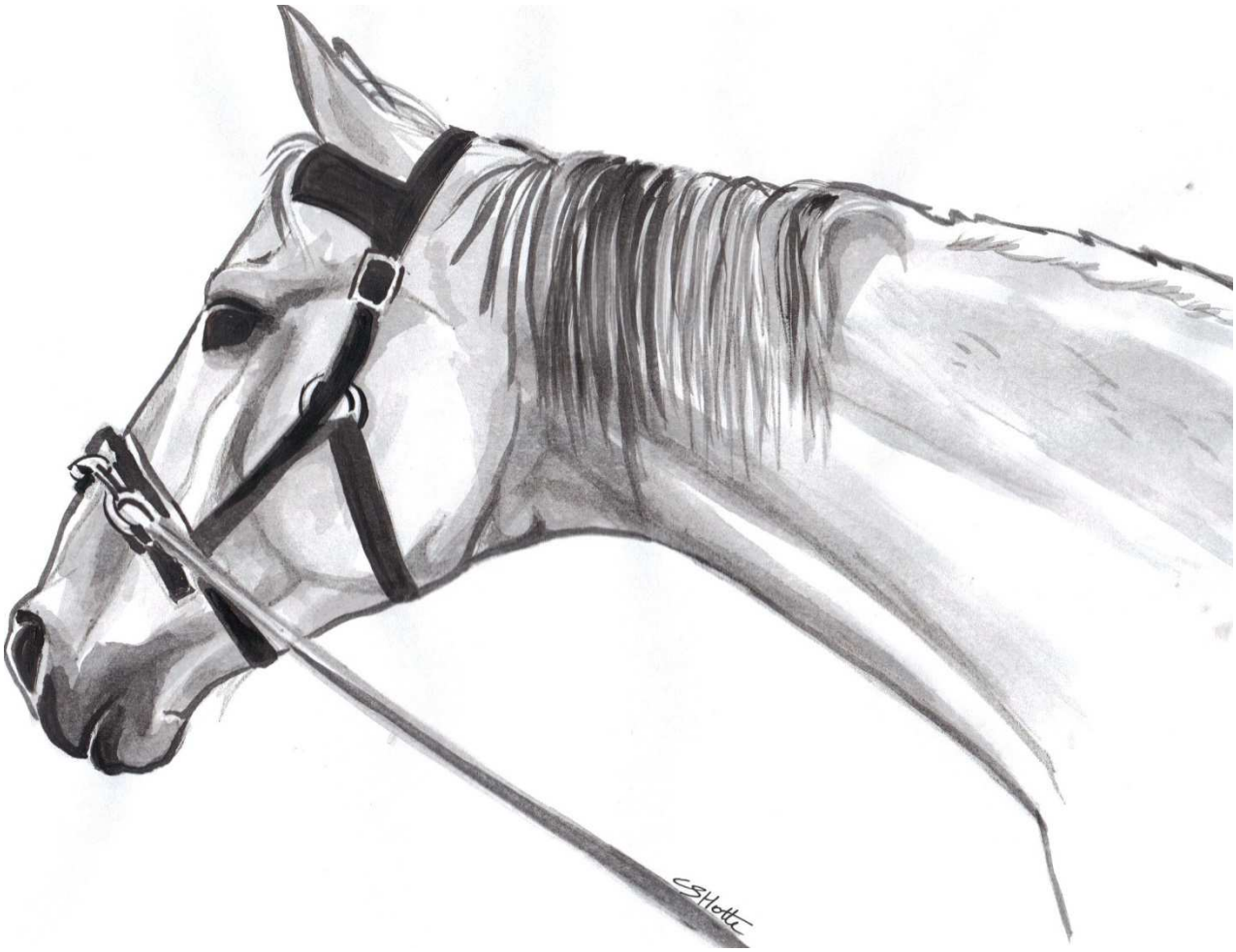
L'utilisation d'un renforcement positif primaire apparait donc être pertinente pour le cheval et permet une plus forte motivation et donc une augmentation de l'attention vers l'entraineur et ainsi vers la tâche à apprendre. En outre, comme chez d'autres espèces, l'attention visuelle envers l'homme pourra refléter et donc indiquer la valence positive de la relation entre l'homme et l'animal (Micheletta & Waller, 2012). D'un point de vue fondamental, ces études permettent de mieux comprendre les relations entre l'émotion véhiculée par le renforcement, la motivation et l'attention de l'individu sur ses performances cognitives (*e.g.* apprentissage). D'un point de vue appliqué, l'utilisation d'un renforcement

adapté peut permettre d'améliorer les performances du cheval au travail, depuis la phase d'éducation jusqu'à la pratique de compétition. L'utilisation de renforcement positif peut aussi améliorer l'état de bien-être général du cheval (Briefer Freymond *et al.*, 2014) et également la mise en place et le maintien d'une relation homme-cheval positive durable (Hinde, 1979), nécessaire lors de toute interaction et susceptible de limiter les accidents (*e.g.* Normando *et al.*, 2011).



Chapitre 7

Discussion Générale



7. DISCUSSION GENERALE

Les objectifs de ce travail étaient d'une part de **caractériser l'attention du cheval domestique et ses variations individuelles** et d'autre part d'identifier **des facteurs de modulation de l'attention** intrinsèques et extrinsèques.

Au terme de ce travail, il apparait que les tests expérimentaux développés permettent de caractériser le niveau d'attention et la distractibilité des chevaux. Nous avons aussi pu identifier des indicateurs comportementaux et posturaux fiables de l'attention chez le cheval.

Le test d'attention visuelle a ainsi permis de mettre en évidence des variations individuelles d'attention d'ordre à la fois :

- Qualitatif, incluant la fragmentation de l'attention (structuration de l'attention) ainsi que deux niveaux d'attention distincts à savoir l'attention visuelle globale et l'attention fixe,
- Quantitatif : la durée totale de l'attention

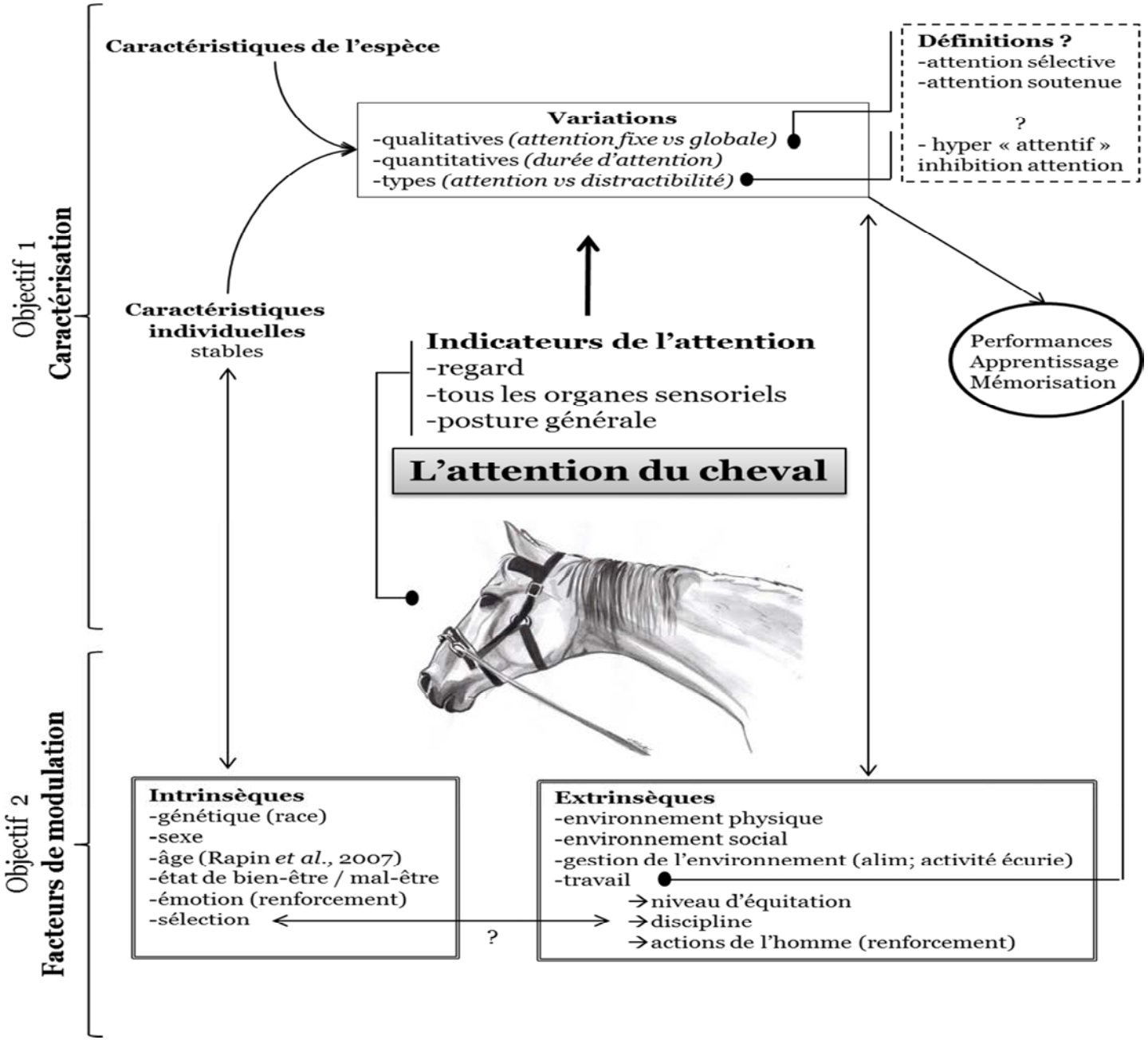
Ces différences individuelles se sont révélées stables au cours du temps et en entre situations expérimentales (*i.e.* VA test et 5-CSRTT test). Les performances mesurées lors de ce test sont par ailleurs prédictives de l'attention du cheval au travail.

Le test de diffusion de stimuli auditifs a aussi permis de mettre en évidence des variations individuelles en termes d'attention. Ce dernier test évaluerait, à l'inverse, la distractibilité des chevaux. En effet, les chevaux les plus attentifs vers les stimuli auditifs ont présenté non seulement des performances d'apprentissage et d'attention moindres lors du 5-CSRTT et lors d'un exercice de longe, mais ont été évalués comme plus distraits par les moniteurs.

Ces méthodologies ont été appliquées dans différents sites équestres afin d'identifier des facteurs de modulation de l'attention et d'explorer les relations entre les caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental et les caractéristiques attentionnelles lors du travail des chevaux. L'attention des chevaux apparait être modulée : **i)** par des facteurs intrinsèques tels que la race, le sexe des individus, ou encore leur état de bien-être / mal-être; et **ii)** par des facteurs extrinsèques tels que les conditions de vie offertes aux chevaux, le travail qu'ils effectuent (équitation en centre équestre *vs* équitation en compétition), ainsi que la discipline d'équitation (concours de saut d'obstacle *vs* concours complet d'équitation) pour laquelle ils sont entrainés à haut niveau.

A l'issue de ces différentes études, il est apparu que certains chevaux étaient plus attentifs que d'autres, aussi bien en contexte expérimental qu'en situation de travail. Au vu de ces différences individuelles, nous nous sommes interrogés sur la possibilité de promouvoir l'attention du cheval, plus particulièrement au travail. Nous avons ainsi pu montrer que l'utilisation d'une récompense alimentaire (renforcement positif primaire) lors de l'entrainement des chevaux permettait d'augmenter leur attention et de diminuer leur distractibilité, et en conséquence leurs performances d'apprentissage. De tels effets positifs n'ont pas été obtenus si la récompense alimentaire était remplacée par une action tactile (*i.e.* grattage au niveau du garrot lorsque l'animal effectuait le comportement demandé).

L'attention du cheval peut donc être caractérisée par des variations comportementales et posturales vers des stimuli de l'environnement et apparait résulter d'une interaction entre plusieurs facteurs. Certains peuvent être propres aux individus (*e.g.* le sexe), d'autres sont extrinsèques tels que les conditions de vie et de travail (Fig 1). Les applications issues de ces résultats sont très importantes pour tous les aspects d'utilisation et de gestion du cheval. Les éléments appliqués seront développés dans la deuxième partie de ce chapitre.


Objectif 1
Caractérisation
Caractéristiques de l'espèce
Définitions ?
-attention sélective
-attention soutenue
?
- hyper « attentif »
inhibition attention
Variations
-qualitatives (attention fixe vs globale)
-quantitatives (durée d'attention)
-types (attention vs distractibilité)
Caractéristiques individuelles
stables
Indicateurs de l'attention
-regard
-tous les organes sensoriels
-posture générale
L'attention du cheval
Performances
Apprentissage
Mémorisation
Objectif 2
Facteurs de modulation
Intrinsèques
-génétique (race)
-sexe
-âge (Rapin et al., 2007)
-état de bien-être / mal-être
-émotion (renforcement)
-sélection
?
Extrinsèques
-environnement physique
-environnement social
-gestion de l'environnement (alim; activité écurie)
-travail
→niveau d'équitation
→discipline
→actions de l'homme (renforcement)

1. Caractérisation de l'attention du cheval

Des indicateurs comportementaux et posturaux

L'orientation de l'attention chez le cheval s'avère être bimodale. En effet, que ce soit lors du test d'attention visuelle ou lors du test d'attention auditive, l'utilisation du champ visuel binoculaire associé à une posture des oreilles, de la tête et de l'encolure orientée vers le stimulus, de manière fixe semble être privilégiée et indiquer un niveau d'attention plus élevé. Ces caractéristiques semblent être propres à l'espèce puisque les chevaux s'appuient sur une représentation globale et multi-sensorielle pour reconnaitre des congénères familiers (Proops *et al.*, 2009). Cette caractéristique est par ailleurs étendue dans le cadre d'interactions interspécifiques, ou les chevaux ont aussi une reconnaissance multimodale de l'homme (Sankey *et al.*, 2011; Lampe & Andre, 2012; Proops & McComb, 2012). Même lors de l'absence d'indice visuels, la plupart des études chez le cheval suggère un traitement bimodal des stimuli environnementaux (Austin & Rogers, 2012; Basile *et al.*, 2009). Lors de la diffusion de vocalisations de congénères (le cheval faisant dos au haut-parleur), les chevaux tendent à orienter d'abord leurs oreilles vers le stimulus pour localiser la source (*i.e.* traitement auditif), puis très rapidement orientent également leur regard dans sa direction, sans doute pour préciser et compléter les informations relatives à celui-ci (*i.e.* traitement visuel et auditif). Ceci suggère une potentielle prégnance du traitement visuel, même lorsque les stimuli sont de nature auditive (Waring, 2003, Austin & Rogers, 2012; Basile *et al.*, 2009). On peut supposer qu'une simple orientation d'une oreille vers un stimulus corresponde à un « faible niveau » d'attention, tandis que l'orientation couplée des oreilles et du regard corresponde à un « niveau d'attention élevé ». Observer l'individu dans sa globalité (*i.e.* orientation et postures des différents organes sensoriels et de l'ensemble du corps) apparait donc être la méthodologie la mieux adaptée pour caractériser le degré de l'état attentionnel du cheval.

Vers des formes d'attention différentes

De fait, ces indicateurs posturaux et comportementaux nous ont permis de distinguer deux niveaux d'attention visuelle :

1) l'attention « globale », caractérisée par une orientation du regard vers le stimulus, en utilisant le champ visuel monoculaire ou binoculaire, et sans être accompagnée d'une orientation des oreilles vers le stimulus ;

2) l'attention « fixe », de niveau plus élevé, caractérisée non seulement par l'orientation du regard vers le stimulus en utilisant cette fois uniquement le champ visuel binoculaire, mais aussi une orientation et une fixité des deux oreilles vers celui-ci. Par ailleurs, l'encolure est orientée vers le stimulus et ce de manière fixe.

Ces deux formes d'attention semblent être issues de mécanismes exogènes, puisque la sélection du stimulus est déclenchée par une stimulation sensorielle externe et serait donc sous contrôle périphérique, de type « *bottom-up* » (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). L'attention globale pourrait correspondre à une simple orientation de l'attention vers le stimulus, les oreilles des individus n'étant pas orientées vers le stimulus, ceux-ci pouvaient potentiellement être attentifs vers d'autres stimuli de l'environnement simultanément. L'attention globale pourrait donc correspondre un état d'alerte tonique, défini par un éveil général, permettant une préparation attentionnelle (Parasuraman, 1998), pouvant expliquer la présence de séquences d'attention fixe au sein de cette attention globale. L'attention fixe (*i.e.* oreilles et regard focalisés sur le stimulus) pourrait correspondre, à l'inverse, à une attention sélective, définie chez l'homme comme la capacité à se focaliser sur un stimulus pertinent tout en ignorant les stimuli non pertinents de l'environnement. Compte tenu des durées courtes d'attention, qu'elle soit globale ou fixe, il est peu probable qu'ils s'agissent dans les deux cas d'attention soutenue, définie chez l'homme comme la capacité à maintenir une réponse comportementale constante et durable vers un stimulus de l'environnement (Sohlberg & Mateer, 2001). En effet, le cheval ne maintenait pas son attention de manière continue pendant l'ensemble des 5 minutes de test, ne permettant pas de confirmer si les deux types d'attention mesurés correspondent à une forme d'attention soutenue. Par ailleurs, notre test ne reposait pas sur une procédure de conditionnement et l'attention du cheval vers le stimulus n'était pas renforcée. Or, les tests expérimentaux réalisés, chez l'homme ou certains modèles animaux, afin de mesurer l'attention soutenue, utilisent des procédures de conditionnement qui augmente sans doute la motivation de l'animal à maintenir son attention durablement envers le stimulus.

L'adaptation du test du 5-CSRTT à notre modèle d'étude a permis de se rapprocher des contextes expérimentaux utilisés classiquement pour mesurer l'attention chez les modèles animaux (pour une revue Bushnell, 1998). Dans ce test, les chevaux ont appris à associer un stimulus visuel à une récompense alimentaire. Puis, en situation de test, ils devaient le détecter parmi cinq localisations possibles, et ainsi allouer leur attention de manière sélective vers la source d'information pertinente. De manière intéressante, le niveau d'attention (*i.e.*

pourcentage de réponses correctes) de nos sujets lors de ce test présentaient des similitudes avec celui relevé lors du VA test. En effet, les chevaux les plus attentifs lors du VA test avaient de meilleures performances d'attention lors du 5-CSRTT. A l'inverse, les chevaux les plus « distraits » lors du test d'attention auditive étaient moins attentifs lors du 5-CSRTT. Toutefois, pour évaluer l'attention sélective, en conditions expérimentales, la plupart des auteurs diffuse des distracteurs (visuels ou auditifs) et mesure les variations de temps de réaction et de performances de précision de réponse vers le stimulus cible. Afin d'aller plus loin, il serait intéressant dans de futures expérimentation de diffuser des distracteurs simultanément à la diffusion de notre stimulus visuel lors du VA test, mais aussi lors du 5-CSRTT. Ainsi, nous aurions pu comparer, entre des situations avec ou sans distracteurs, les variations comportementales reflétant l'attention sélective ou la distractibilité au sein des individus testés, ainsi que les variations de temps de réaction et de précision des réponses.

Au vu de la relation entre les caractéristiques attentionnelles des chevaux lors du test d'attention auditive et les performances d'apprentissage lors du 5-CSRTT, ainsi que les performances attentionnelles lors d'un exercice de longe, ce test serait un bon indicateur de la distractibilité chez le cheval. En contexte expérimental, la distractibilité est généralement associée à une diminution des performances attentionnelles ou d'apprentissage envers une tâche en cours d'exécution et est attribuée à un faible contrôle inhibiteur de l'attention envers des stimuli « distracteurs » (*e.g.* homme: Duchek *et al.*, 1998; chien: Snigdha *et al.*, 2012). Dans notre étude, les individus plus attentifs envers les stimuli auditifs pourraient donc présenter des perturbations des capacités à filtrer les stimuli non pertinents de l'environnement (Sohlberg & Mateer, 2001; Maquestiaux, 2013).

Vers des caractéristiques de l'espèce

Lors des différents tests développés dans cette étude, les mesures de temps de réaction ont indiqué que les chevaux orientaient rapidement leur attention vers le stimulus. La plupart des chevaux testés présentaient des temps de réaction relativement courts (*e.g.* majoritairement inférieurs à 5 secondes pour le test d'attention visuelle ou auditive) reflétant la capacité du cheval à percevoir les stimuli de l'environnement rapidement (Hebel, 1976; Lampe & Andre, 2012; Lemasson *et al.*, 2009).

La structure de l'attention du cheval semble s'articuler autour de séquences d'attention courtes (majoritairement inférieures à 4 secondes), rejoignant les travaux de Rapin *et al.*, (2007) ayant montré des durées maximales d'attention de 12 secondes chez le cheval. Cependant, dans l'étude de Rapin *et al.*, (2007), les durées d'attention ont pu être augmentées par l'utilisation d'un renforcement alimentaire. Dans notre étude les durées de séquences d'attention étaient relativement homogènes au sein de nos populations de référence. Ces deux caractéristiques (*i.e.* temps de réaction et séquences d'attention courtes) pourraient donc être représentatives de l'espèce.

Cette structure de l'attention pourrait être due, entre autres, aux caractéristiques sociales de l'espèce. La vie sociale du cheval se base sur une organisation claire, majoritairement établie sur des relations affinitaires et une hiérarchie stable (Houpt *et al.,* 1978). Les processus attentionnels constituent une partie intrinsèque de la vie sociale, ils permettent la discrimination, la reconnaissance et la catégorisation des congénères. On peut supposer que le réseau de regards dans un groupe de chevaux puisse s'apparenter à celui identifié chez certaines espèces de primates (Blois-Heulin, 1999). Les individus pourraient exprimer plus de coups d'œil (*i.e.* durée inférieure à 0,5 secondes) ou de regards courts (*i.e.* durée supérieure à 1 seconde) pour ainsi « surveiller » rapidement et fréquemment les comportements et la position des individus du groupe pour ajuster leurs propres comportements et leurs positions. Les variations individuelles de structure du regard pourraient dépendre du statut hiérarchique dans le groupe, les individus occupant un rang inférieur dans la hiérarchie, exprimeraient plus de coups d'œil (Blois-Heulin, 1999). Par ailleurs, le cheval peut être amené à « surveiller » l'environnement dans sa diversité (présence et distance des congénères, stimulations diverses, prédateur…) engageant ainsi des processus attentionnels. Les espèces caractérisées comme « très vigilantes » peuvent-être plus enclins à régulièrement modifier la direction du regard plutôt que de regarder une zone ou un objet pendant de longues périodes (Emery, 2000). Il serait donc intéressant de mener une étude comparative afin d'identifier si l'expression de l'attention visuelle s'articule autour de séquences courtes aussi chez d'autres espèces.

En effet, d'un point de vue phylogénétique, la durée des séquences d'attention pourrait être un bon indicateur des variations des capacités cognitives au cours de l'évolution. Par exemple, lors d'un paradigme d'observation d'un modèle social appliqué sur différentes espèces, certains auteurs ont mis en évidence des différences en termes de durée des séquences d'attention visuelle de l'animal observateur vers le modèle social (Range & Huber,

2007 ; Range *et al.,* 2009), avec des valeurs allant de 1 à 15 secondes en fonction des espèces testées Les individus observateurs dirigeaient plus leur attention vers le modèle social lorsque celui-ci exprimait des comportements dirigés vers des ressources alimentaires. Dans ce contexte, un gradient de durée d'attention a pu être observé (Tabl. I).

Table I : *Variation des durées de séquences d'attention vers un congénère modèle en alimentation en fonction des espèces. Les durées moyennes des séquences sont en noir et les durées médianes sont en gris. D'après Range & Huber (2007); Scheid et al., (2007); Range et al., (2009).*

Espèce	**Durée moyenne / médiane**
Choucas des tours (*Corvus monedula*)	entre 1.0 et 1.4 secondes
Chien domestique (*Canis familiaris*)	entre 2 et 3.7 secondes
Grand corbeaux (*Corvus corax*)	entre 3.2 et 4.4 secondes
Ouistitis (*Callithrix jacchus*)	entre 5.2 et 8.1 secondes
Kéas (*Nestor notabilis*)	entre 9.6 et 11.9 secondes
Enfants humains (*Homo sapiens*)	entre 6.7 et 14.9 secondes



Range *et al.,* (2009), suggèrent que les espèces animales ont un niveau inférieur de contrôle de l'attention par rapport aux enfants humains. Les auteurs s'appuient sur l'identification d'une corrélation positive entre la fréquence des regards et la durée des regards chez les enfants humains, mais pas chez les différentes espèces animales testées. Les enfants humains contrôleraient ainsi « intentionnellement » l'orientation de leur attention. Les espèces animales fonctionneraient quant à elle de manière « automatique ». Les durées très courtes des séquences d'attention chez l'animal refléteraient l'incapacité à récupérer des informations lors de l'observation de séquences comportementales complexes. Les espèces animales seraient plus à même de percevoir les comportements de manière instantanée, pour récupérer des informations sur la localité ou le type d'un objet pour mieux l'utiliser dans leur environnement (Range *et al.,* 2009). Des variations de durées d'attention ont été identifiées entre les espèces animales étudiées. Les auteurs suggèrent par exemple que les Kéas auraient un manque d'inhibition d'orientation de l'attention vers des items relatifs à l'alimentation (Range *et al.,* 2009). Les différences d'attention entre les choucas des tours et les grands corbeaux dépendraient de leur vie sociale, les grands corbeaux n'effectuant pas nécessairement leurs recherches alimentaires en groupe contrairement aux choucas des tours, ceux-ci seraient plus attentifs vers un congénère ayant trouvé de la nourriture lorsque l'occasion se présenterait (Scheid *et al.,* 2007).

Vers des caractéristiques individuelles.

La mesure de l'attention des chevaux en contexte expérimental a permis de mettre en évidence des différences individuelles marquées, stables entre situations et pour l'attention visuelle également stable au cours du temps.

Au sein des caractéristiques attentionnelles mesurées lors du VA test, le niveau (*i.e.* attention fixe) et la fragmentation de l'attention semblent être, plus particulièrement, prédictifs des performances attentionnelles dans d'autres contextes. Par exemple, la durée totale d'attention et la fragmentation de l'attention lors du VA test sont reliées à de meilleures performances d'apprentissage lors du 5-CSRTT et de meilleures performances attentionnelles lors d'un exercice de longe. La durée d'attention fixe est prédictive d'une meilleure attention en contexte de leçons d'équitation. Ceci serait en faveur de l'hypothèse que l'attention fixe corresponde à une attention sélective. En effet, l'attention sélective semble cruciale dans des contextes de travail tels que des séances d'équitation, au cours desquelles le cheval doit tantôt orienter son attention envers les ordres du cavalier et tantôt envers les ordres du moniteur. En complément, le comportement des chevaux lors de la diffusion des stimuli auditifs permettrait de refléter leur distractibilité lors du travail (*i.e.* orientation vers des stimuli non pertinents dans ce contexte).

L'ensemble de ces résultats suggère que certaines variables mesurées lors des tests expérimentaux (*i.e.* durée d'attention fixe, fragmentation de l'attention) seront plus stables entre les situations et potentiellement plus prédictives de meilleures ou de moins bonnes performances attentionnelles dans d'autres contextes, tels que des contextes de travail.

Par ailleurs, la stabilité des caractéristiques attentionnelles au cours du temps et des situations suggère que l'attention du cheval est sous-tendue par des caractéristiques intrinsèques (puisque les individus sont dans des conditions de vie similaires au sein de chaque population étudiée). Ainsi, certains individus pourront avoir des durées et une fragmentation de l'attention importantes lors du VA test, associées à de meilleures performances d'apprentissage et attentionnelles lors du 5-CSRTT et au travail. Alors que d'autres individus seront caractérisés par des durées d'attention importantes lors du test d'attention auditive associées à de moins bonnes performances lors du 5-CSRTT et au travail.

Ainsi, des profils attentionnels peuvent émerger au sein des populations testées avec cette méthodologie, avec deux extrêmes : un profil attentif et un profil distrait (Fig. 2).

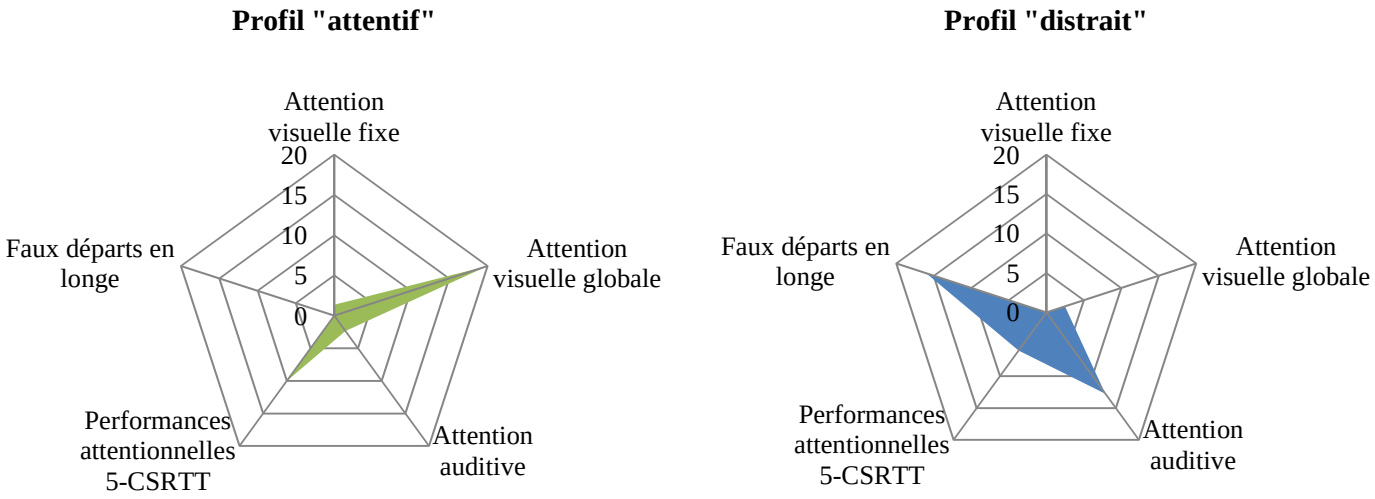


Figure 2 : *Exemples de profils attentionnels pouvant être identifiés dans une population de chevaux testés avec la méthodologie mise au point lors de cette étude. Chaque rayon représente les caractéristiques attentionnelles lors de chaque test : attention visuelle fixe : durée totale d'attention fixe ; Attention visuelle globale : durée totale d'attention ; attention auditive : durée totale d'attention vers le stimulus baleine ; performances lors du 5-CSRTT : nombre de réponses correctes lors des 10 essais pendant la phase de test ; faux départs en longe : nombre de faux départs ascendants lors de l'exercice de longe.*

2. Facteurs de modulation de l'attention du cheval

Facteurs intrinsèques

Dans notre population de chevaux de compétition, des variations d'attention ont été identifiées en fonction de la **race** des chevaux (*cf* **chapitre 5**). Les chevaux Anglo-arabe étaient plus enclins à exprimer plus d'attention fixe envers le stimulus visuel par rapport aux chevaux Selle-Français : ils auraient donc un niveau d'attention plus élevé, et pourraient avoir de meilleures capacités d'attention sélective. Par ailleurs, l'impact de facteurs génétiques sur les capacités cognitives du cheval est indéniable comme en témoignent de nombreuses études. Budzynski *et al.*, (1992) ont, par exemple, montré un impact de la race des chevaux lors d'un test de labyrinthe. Une autre étude a révélé que les chevaux de races Arabe, Anglo-Arabe et Selle-Français sont moins performants lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture) que des chevaux de races Camargue, Fjord ou Mérens (Hausberger *et al.*, 2004). Toutefois, à ce stade de l'étude, nous ne pouvons pas tirer de conclusion claire sur des différences attentionnelles en fonction de la race des

chevaux *per se*, le nombre d'individus issus de races différentes étant très restreint dans notre étude. D'autres études impliquant un nombre de races et d'individus différents plus important seraient nécessaires pour confirmer un éventuel impact de la race.

Des différences attentionnelles ont été identifiées en fonction du **sexe** des individus (**chapitre 5**). Lors du deuxième jour de test d'attention visuelle, les femelles présentaient des durées d'attention plus importantes que les mâles. Ces résultats suggèrent que les femelles auraient des capacités plus élevées à maintenir leur attention au cours du temps. Là encore, il serait nécessaire d'étayer ces résultats par d'autres études sur un plus grand nombre de chevaux. Cependant, ces résultats peuvent rejoindre, dans une certaine mesure, les travaux de Wolff & Hausberger, (1996) ayant montré que des jeunes juments apprennent plus rapidement que les jeunes mâles lors d'une tâche d'apprentissage spatial (*i.e.* tâche de détour) impliquant des processus attentionnels. Cependant, Wolff & Hausberger, (1996) n'ont trouvé aucune différence liée au sexe lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*i.e.* ouverture d'une boite pour obtenir de la nourriture). Chez d'autres espèces, l'évaluation de l'attention soutenue chez des rats lors d'un test 5-CSRTT, a montré que les femelles présentent de moins bonnes capacités d'attention soutenue que les mâles dans le même contexte expérimental (Bayless *et al.*, 2012). A l'inverse, les mâles présentent plus de réponse « anticipée » suggérant de moins bonnes capacités du contrôle inhibiteur de l'attention. Mais là encore, d'autres études n'ont pas trouvé de différence en fonction du sexe dans cette même tâche attentionnelle (Burton & Fletcher, 2012).

Dans notre étude, aucun impact clair de **l'âge** des individus sur leurs caractéristiques attentionnelles n'a pu être mis en évidence. Cependant, dans notre population de juments de reproduction, les individus plus jeunes (*i.e.* entre 5 et 6 ans) semblaient avoir des durées totales d'attention plus importantes lors du premier jour de test. Ces résultats rejoindraient les travaux de Rapin *et al.*, (2007) ayant évalué les durées d'attention des chevaux en se basant sur un conditionnement opérant où les chevaux plus jeunes (3-7 ans) présentaient des durées d'attention soutenue plus importantes que les chevaux plus âgés (8-14 ans ; 15-23 ans) lors d'un premier test. Par la suite, les chevaux plus jeunes ont montré une diminution de leurs durées d'attention lors du deuxième test alors que les chevaux plus âgés avaient des performances similaires ou améliorées. Ces caractéristiques pourraient être expliquées par des

capacités exploratoires qui seraient propres aux jeunes individus expliquant leur niveau d'attention plus élevé initialement (Lindberg *et al.*, 1999).

Des patterns d'attention différents ont été identifiés en fonction de **l'état de bien-être / mal-être** des chevaux (*cf* **chapitre 4**). Les chevaux exprimant un état apathique, définis comme « figés », ont présenté un déficit attentionnel lors de la première diffusion des stimuli auditifs dans leur environnement habituel. Le test d'attention auditive pouvant être un indicateur de distractibilité, es chevaux pourraient donc être moins caractérisés comme étant moins distraits. Cependant, ces résultats font écho aux résultats d'une étude antérieure (Fureix *et al.*, 2012) démontrant une plus faible réactivité des chevaux figés envers différents stimuli environnementaux tels que l'apparition d'une personne devant leur boxe (*i.e.* modalité visuelle) ou une stimulation tactile. Les chevaux figés auraient, de plus, tendance à s'orienter préférentiellement vers le mur de leur box (Hausberger *et al.*, sous presse). Ainsi, il semblerait qu'un état de mal-être démontré chez les individus figés (Fureix *et al.*, 2015) pourrait amener le cheval à se « couper » de l'environnement (Hausberger *et al.*, sous presse ; Smith *et al.*, 1985; Smith & Greenberg, 1981). Chez l'homme il a été montré qu'un état de mal-être « accapare » l'attention des individus, notamment en cas de douleur chronique où plus la douleur est intense, plus l'attention est perturbée (Williams, 2002). Ce déficit attentionnel pourrait aussi être dû ou à une réduction des capacités cognitives et donc un manque de « ressource » pour allouer son attention et s'engager dans d'autres processus cognitifs (Ellis & Ashbrook, 1988, cités par Gotlib & Joormann, 2010). A l'inverse, des chevaux dans un état de bien-être altéré peuvent avoir une réactivité accrue lors d'une situation anxiogène et inhabituelle (Hausberger *et al.*, 2011; Fureix *et al.*, 2012; Young *et al.*, 2012). On peut donc se demander où se trouve la limite entre des déficits attentionnels, des patterns « normaux » et une « hyperréactivité » (Hausberger *et al.*, sous presse).

De plus, les chevaux figés ont semblé ne pas s'être habitués à la diffusion de stimuli auditifs au cours des jours de test contrairement aux chevaux non figés. Ces résultats suggèrent des perturbations des processus d'habituation aux stimuli inhabituels, pouvant aussi expliquer les patterns attentionnels retrouvés lors du test d'attention visuelle. En effet, plus les chevaux étaient figés (*i.e.* plus ils passaient de temps dans cet état dans leurs conditions de vie habituelles), plus leurs durées d'attention étaient importantes lors du deuxième jour de test au cours du VA test. Des perturbations des processus d'habituation ont été retrouvées chez

l'homme chez des patients présentant des troubles de l'anxiété (l'anxiété est un des phénomènes connexes de la dépression clinique chez l'homme, APA, 2013). Or, dans l'étude de Fureix *et al.,* (2012) les chevaux figés ont montré une réactivité émotionnelle accrue lors d'une situation inhabituelle (*i.e.* test d'objet nouveau). Cette réactivité peut refléter une réactivité émotionnelle ou une anxiété plus marquée entrainant des difficultés à s'adapter à des éléments nouveaux de l'environnement (Wolff *et al.,* 1997; Ennaceur *et al.,* 2005).

Le pattern d'attention observé chez les chevaux figés lors du test d'attention visuelle pourrait aussi refléter une diminution de la flexibilité attentionnelle des individus. Les chevaux figés peuvent présenter des difficultés à réorienter leur attention. Ainsi lorsqu'ils regardent le stimulus visuel, les durées de regard sont anormalement longues et ce, de manière proportionnelle au temps qu'ils passent dans l'état figé dans leurs conditions habituelles. Ces résultats rejoindraient les perturbations des capacités de contrôle de l'orientation de l'attention mises en évidence chez des patients dépressifs (Mocan *et al.,* 2014; Paelecke-Habermann *et al.*, 2005).

Ces résultats ouvrent des pistes de réflexions quant à la caractérisation de l'état de bien-être / mal-être chez l'animal et notamment l'importance de prendre en compte l'évaluation des capacités cognitives en tant qu'indicateur de l'état de l'animal (Broom, 2010).

Facteurs extrinsèques

Les caractéristiques attentionnelles (*i.e.* durée et structure) des populations vivant dans des conditions domestiques classiques (*i.e.* restrictions spatiale, sociale et alimentaire, pratique de l'équitation) semblent différer de celles de populations évoluant dans des environnements semi-naturels (*i.e.* vie en groupe au pré) (*cf* **chapitre 4**). Différentes facettes des conditions de vie (*i.e.* condition d'hébergement, vie sociale, travail, niveau des cavaliers, discipline d'équitation) pourraient expliquer les variations de caractéristiques attentionnelles observées entre nos populations.

Tout d'abord, les chevaux vivant dans des conditions semi-naturelles exprimaient des séquences d'attention courtes et fréquentes, soit une fragmentation importante de l'attention, par rapport aux chevaux de centre-équestre. Or, une attention fragmentée lors du VA test est associée à de meilleures performances dans d'autres contextes expérimentaux (*i.e.* meilleures

performances d'apprentissage et d'attention lors du 5CSRTT, *cf* **chapitre 3**) et en contexte de travail (*i.e.* moins de faux départs lors d'une tâche de longe *cf* **chapitre 3**, meilleures indices de performances en compétition pour les chevaux de concours complet *cf* **chapitre 5**). De plus, chez les chevaux de centre-équestre, l'expression de séquences d'attention longues lors du VA test est associée, comme nous l'avons vu précédemment, à plus de temps passé dans un état « figé » au box, état identifié comme un indicateur de mal-être avéré (*cf* **article 4**). Une fenêtre d'attention optimale pourrait donc émerger de ces résultats : être peu attentif ou « trop » longtemps attentif correspondrait respectivement à un déficit d'attention (Wallis *et al.*, 2014) ou à une difficulté pour filtrer les informations non pertinentes de l'environnement (Würbel, 2001).
L'identification d'une fenêtre optimale d'attention pourrait permettre, premièrement de caractériser plus finement des patterns attentionnels hors norme (à savoir « les extrêmes ») et dans un deuxième temps, d'identifier les potentiels facteurs de risque.

De plus, les chevaux de compétition présentaient une fragmentation de l'attention encore plus marquée et moins variables entre individus que les chevaux vivant en conditions semi-naturelles. Les caractéristiques attentionnelles des chevaux de compétition pourraient avoir été modulées par le travail qu'ils effectuent quotidiennement. En effet, des différences de pattern attentionnel ont été identifiées entre les chevaux de compétition de saut d'obstacle (CSO) et les chevaux de concours complet (CCE). Les chevaux de CCE ont une structure de l'attention plus fragmentée que les chevaux de CSO. Ces résultats confirment l'impact de la discipline d'équitation sur le comportement du cheval en dehors d'une situation de travail (Hausberger *et al.*, 2004, 2011). De plus, une homogénéité très marquée de la structure d'attention a été retrouvée chez les chevaux de concours complet. Ces chevaux expriment tous des séquences d'attention d'une durée très courte, suggérant l'effet de la discipline pour laquelle les chevaux sont entrainés même hors d'un contexte d'équitation.

Parmi les chevaux de CCE, il apparait que les chevaux ayant une attention plus fragmentée lors du test d'attention visuelle ont des indices de performance en compétition plus importants. Les chevaux initialement plus enclins à changer d'orientation d'attention rapidement auraient potentiellement été sélectionnés pour effectuer une discipline comme le concours complet. Cependant, l'absence de relation entre les indices génétiques (*i.e.* indice reflétant les performances d'un cheval et des individus apparentés pour une discipline d'équitation donnée) des chevaux et leurs caractéristiques attentionnelles suggère plutôt un

effet prédominant du travail *per se* sur l'attention des chevaux, même si des effets génétiques ne peuvent pas être exclus. Puisque qu'il apparait que les individus présentant une fragmentation de l'attention plus marquée lors du test d'attention visuelle ont de meilleures performances en compétition, il serait envisageable d'évaluer le comportement et les capacités cognitives (comme l'attention) des chevaux, au préalable, hors contexte de travail, pour prédire, dans une certaine mesure, les performances des chevaux en compétition. Les chevaux pourraient ainsi être sélectionnés en fonction de ces caractéristiques comportementales et cognitives.

Actions de l'homme

S'il existe des différences individuelles en termes d'attention, il s'agit maintenant de se questionner sur les facteurs pouvant promouvoir l'attention du cheval, en particulier au travail.

L'émotion véhiculée par un stimulus peut modifier l'orientation et la durée d'attention du cheval. Dans cette étude, l'utilisation d'un renforcement positif primaire (*i.e.* récompense alimentaire) lors de l'entrainement du cheval a entrainé une augmentation de l'attention des animaux vers l'expérimentatrice et ainsi vers la tâche à apprendre (*cf* **chapitre 6**). La valence positive, pour le cheval, d'une récompense alimentaire a entrainé une émotion positive (Sankey *et al*., 2010b), menant vers une plus forte motivation et donc une augmentation de l'attention (Raymond, 2009). Cette augmentation d'attention a entrainé de meilleures performances d'apprentissage (Sankey *et al.*, 2010a). Cependant, les relations entre attention envers l'homme et apprentissage apparaissent être complexes. Il semblerait qu'une attention « excessive » envers l'homme n'améliorerait pas les performances d'apprentissage dans certains contextes. Certains auteurs indiquent que des animaux domestiques tels que le cheval seraient devenus « dépendants » des actions de l'homme (*e.g.* pour avoir accès à une ressource alimentaire), et que ces individus attendraient que l'homme résolvent une tâche plutôt que de le faire eux-mêmes (Lesimple *et al.*, 2012). En effet, dans l'étude de Lesimple *et al.*, (2012) une forte corrélation négative est apparue entre les performances lors d'une tâche d'apprentissage instrumental (*e.g.* ouverture d'une boite pour avoir accès à la nourriture) et l'attention portée sur l'homme, en dépit d'une forte motivation des chevaux vers le dispositif expérimental (*i.e.* exploration vers le dispositif) (Lesimple *et al.*, 2012).

(*i.e.* animal « dépendant de l'homme » : (Lesimple *et al.*, 2012) ; *chien* : Topál *et al.*, 1997). Par ailleurs, l'absence d'attention ne permet pas non plus d'améliorer les performances d'apprentissage. Il existerait donc une fenêtre optimale d'attention envers l'homme, permettant de meilleures performances d'apprentissage. Cette attention optimale semble médiée par l'utilisation d'un renforcement positif primaire. En effet, dans notre étude, l'ensemble des chevaux entrainés avec un renforcement positif primaire se trouvent dans cette fenêtre optimale d'attention, menant vers un pattern comportemental plus homogène par rapport aux chevaux entrainés avec une action tactile. Ainsi, l'utilisation d'une récompense alimentaire apparaît être une action pertinente pour l'ensemble des individus. Le choix du renforcement semble être un facteur crucial pour améliorer l'attention des chevaux et leurs performances d'apprentissage. Si un contact tactile peut avoir une valeur de renforcement chez certaines espèces comme le chien (Price, 1999) ou le chat (Lowe & Bradshaw, 2001), il semble que ce ne soit pas le cas chez le cheval. Les chevaux entraînés avec un grattage au niveau du garrot présentent les mêmes patterns comportementaux que les chevaux témoins, ils sont moins attentifs et n'ont pas appris correctement la tâche. Ceci confirme qu'une stimulation tactile n'a pas forcément une valeur hédonique pour le cheval (Sankey *et al.*, 2010a). Or, les caresses par exemple, sont souvent utilisées en contexte de travail.

3. De nombreuses applications

Ce travail s'inscrit dans un contexte théorique visant à mieux connaitre le fonctionnement cognitif chez une espèce telle que le cheval domestique, mais aussi dans un contexte pratique concernant tous les aspects de la relation homme-cheval. Différentes applications émergent au terme de ce travail: des recommandations à l'attention des professionnels et amateurs du milieu équestre applicables à court terme d'une part, et des développements méthodologiques généralisables à plusieurs champs d'étude d'autre part.

Des applications pratiques pour les professionnels

-Orienter le choix des animaux en fonction de l'utilisation du cheval

L'attention est un élément majeur dans les processus d'apprentissage impliqués lors de tâches au travail. La qualité d'attention du cheval semble être un élément clé de succès dans toute discipline, du loisir à la performance sportive de haut niveau. Les développements

méthodologiques simples, non invasifs, issus de cette étude permettent une utilisation dans divers sites et sur une variété de chevaux pour ainsi **comparer un grand nombre de chevaux.**

Au vue des relations entre les caractéristiques attentionnelles **lors du test d'attention visuelle** et lors de divers contextes de travail (*i.e.* exercice de longe, séances d'équitation, performances en compétition), l'utilisation d'un tel outil permettra dans une certaine mesure, de **prédire l'attention des chevaux au travail**, que ce soit lors du travail à pied (*i.e.* exercice de longe), lors de séances d'équitation ou en compétition. L'utilisation du test d'attention auditive permettra, quant à lui, de **prédire la distractibilité des chevaux au travail**. Pouvoir prédire l'attention des chevaux dans un contexte de travail permettra une collaboration active entre le cheval et le cavalier, mais aussi une diminution des risques d'accident. Par exemple, le choix des chevaux « d'école » pour les cavaliers inexpérimentés pourra être effectué en fonction des capacités à rester attentif au travail sans être perturbé par les stimuli environnementaux, limitant ainsi les risques de chutes. Le choix des chevaux de compétition pourra s'effectuer en fonction des « besoins » de la discipline effectuée. Des chevaux ayant des capacités d'attention soutenue importantes pourraient correspondre pour des épreuves de dressage ou les chevaux doivent restés précisément attentifs pendant de longues périodes. Des chevaux ayant des capacités de flexibilité attentionnelle rapide (changement d'orientation de l'attention rapide et fréquente) seraient potentiellement adaptés pour la pratique du concours complet d'équitation (*cf* **chapitre 5**).

Puisque qu'il apparait que les individus présentant une fragmentation de l'attention plus marquée lors du test d'attention visuelle ont de meilleures performances en compétition, il serait envisageable d'évaluer le comportement et les capacités cognitives (comme l'attention) des chevaux, au préalable, hors contexte de travail, pour prédire, dans une certaine mesure, les performances des chevaux en compétition. **Les chevaux pourraient ainsi être sélectionnés en fonction de ces caractéristiques comportementales et cognitives.**

Caractériser l'attention du cheval et identifier l'impact de caractéristiques intrinsèques telles que l'âge, le sexe ou la race des chevaux permet de **proposer des choix d'animaux** aux professionnels du milieu équestre, des races de chevaux pouvant être mieux adaptées pour

l'équitation sportive ou l'équitation de loisir. L'identification de facteurs de modulation intrinsèques permettra de proposer **des stratégies d'éducation**, en adaptant par exemple les durées des séances d'entrainement pour les jeunes animaux susceptibles de ne pas maintenir leur attention au cours du temps (Rapin *et al.,* 2007). L'ensemble de ces facteurs permettront de promouvoir l'attention du cheval au travail et ainsi **la valorisation des animaux.**

-Orienter la gestion des chevaux pour promouvoir leur attention

Si l'attention est un critère de choix des animaux par exemple pour les performances en compétition, identifier l'impact de caractéristiques extrinsèques telles que les conditions de vie ou le travail sur les caractéristiques attentionnelles des chevaux permettra **d'optimiser l'environnement offert au cheval pour favoriser son attention au travail et potentiellement son état de bien-être.** De plus, les établissements proposant des modes de gestion combinant plusieurs paramètres décrits dans la littérature comme néfastes en termes de bien-être (*e.g.* repas limités, alimentation concentrée, isolement social…) vont être caractérisés par des chevaux plus émotifs, et plus peureux et / ou agressifs envers l'homme (Lesimple *et al.,* 2011). Or différentes études ont suggéré que ces chevaux étaient également plus à même d'exprimer des réactions plus fortes à la fois dans un contexte de travail monté et dans un contexte de manipulation à pied (Fureix *et al* 2009; LeScolan *et al* 1997 : Visser *et al* 2003). Par ailleurs, nous avons vu précédemment que l'état « figé» au box semble être associée à une réactivité émotionnelle accrue lors d'une situation inhabituelle et effrayante, notamment en cas de confrontation à un objet nouveau. Or, il est extrêmement fréquent pour les chevaux de centre équestre d'être confrontés à des objets ou situations nouvelles, et ainsi potentiellement effrayante (*e.g.* lors d'une sortie en promenade à l'extérieur du club, lors d'un déplacement dans un autre club à l'occasion d'un concours hippique…). Porter attention à cet état figé semble essentiel pour améliorer la sécurité des cavaliers, les chevaux figés au box et apparemment « éteints » pouvant se révéler plus dangereux dans un contexte de confrontation à la nouveauté.

-Améliorer les séances de travail

L'utilisation d'outils tels qu'un **renforcement positif primaire permettra d'améliorer les performances attentionnelles et d'apprentissage lors de l'entrainement, mais aussi la relation homme-cheval à court, moyen et long terme** (Sankey *et al.,* 2010 a,b,c). En effet, les chevaux semblent capables d'associer l'homme aux expériences qu'ils ont

partagé avec lui, gardant ainsi une « mémoire » positive ou négative des interactions passées (Baragli *et al.,* 2009). L'amélioration de la relation à l'homme, ou du moins sa « non-dégradation » est donc d'une importance capitale. De précédentes études ont montré que les chevaux sont capables de généraliser la relation établie envers une personne familière à des personnes non familières, ainsi que de la transposer à différents contextes (Hausberger & Müller 2002 ; Henry *et al* 2005 ; Fureix *et al* 2009). Entretenir une relation positive permettra de diminuer les risques d'agression de la part des chevaux et ainsi diminuer les risques d'accidents (Fureix *et al.,* 2009).

Une méthodologie innovante pour mesurer l'attention chez le cheval

La mise au point méthodologique développée au cours de cette étude aboutit à des résultats prometteurs pour caractériser l'attention d'un grand nombre de chevaux et ce dans différents sites équestres. **Le test d'attention visuelle prédit de meilleures performances attentionnelles, alors que le test d'attention auditive prédit la distractibilité des individus.** Ce dernier point n'a, à notre connaissance, jamais été évalué chez le cheval. Avec cette méthodologie, les caractéristiques attentionnelles des chevaux pourront être comparées à l'échelle individuelle comme à l'échelle populationnelle.

L'adaptation du 5-CSRRT à notre modèle d'étude est très novatrice, puisque ce test n'a jamais été réalisé sur des espèces autres que des rongeurs ou des primates non humains en conditions expérimentales (*e.g.* Carli *et al.,* 1983 ; Bowman, 1994). Ce test permet d'identifier les capacités d'attention des chevaux vers un stimulus qui leur est pertinent (*i.e.* lumière associée à une récompense alimentaire) entrainant une motivation de l'individu, mais aussi de mesurer différents types d'attention (attention divisée, attention soutenue et attention sélective). L'ajout de distracteur permettra d'identifier les individus capables de rester focalisés sur la tâche apprise (*i.e.* se diriger vers la bonne boite) et les individus facilement distraits lors de la diffusion de ces distracteurs.

Par ailleurs, au cours de cette étude nous avons combiné nos observations comportementales avec une approche très novatrice pour recueillir de données physiologiques telles que le rythme cardiaque, la variation de conductance cutanée et la variation d'activité cérébrale (*cf* ANNEXE I). En effet, en cas d'attention soutenue, le rythme cardiaque tend à

ralentir (Sieroff, 1994) et les paramètres encéphalographiques changent. En faisant des **enregistrements électro-encéphalographiques (EEG)**, il est ainsi possible de définir l'état de vigilance d'un sujet en mesurant la gamme de fréquences émises par le cerveau. On reconnait facilement les ondes de veille et de sommeil : des ondes inférieures à 3 Hz reflètent un état de sommeil profond, des ondes entre 3 et 8 Hz un sommeil lent, celles comprises entre 8 et 12 Hz correspondent à un endormissement ou à une veille très calme, et enfin celles supérieures à 12 Hz à la veille. Ainsi, plus les fréquences sont hautes, plus l'état de vigilance est élevé (Sterman 2000, Landau et *al*. 2007). Donc, si l'individu est impliqué dans une tâche qui met en jeu des processus attentionnels, la fréquence des ondes cérébrales augmente. Ces méthodes d'enregistrements utilisées en laboratoire en poste fixe chez l'Homme et quelques espèces de mammifères ont été adaptées au cheval libre de ses mouvements (système télémétrique). Nous avons ainsi **confronté les données comportementales et électrophysiologiques (ANNEXE 1).**

4. Perspectives

Outre les points méthodologiques déjà abordés au cours de ce chapitre (i.e. ajout de distracteurs lors des tests expérimentaux, augmentation des effectifs pour certaines caractéristiques intrinsèques), d'autres questions restent en suspens. Ainsi, évaluer le « niveau d'éveil » lors des séquences d'attention mesurées au cours de notre test d'attention visuelle nécessite des recherches supplémentaires. Le maintien d'une attention soutenue est couplée à : 1) une forte baisse du rythme cardiaque associée à une réduction marquée de la variabilité de ce rythme cardiaque, 2) une baisse du rythme respiratoire, 3) une inhibition de l'activité musculaire ou 4) une augmentation de la conductance cutanée (Von Hover, 2007 ; Frith & Allen, 1983), il serait donc intéressant de mesurer ces différents paramètres en association avec les indicateurs comportementaux relevés dans cette étude. De plus, effectuer des relevés d'électroencéphalographie permettrait d'appréhender les variations d'activité électrique cérébrale pouvant être un indicateur du niveau d'éveil et d'attention dans lequel se trouve un individu donné (*cf* **chapitre 1**). Par exemple, plusieurs études ont montré une augmentation de la fréquence d'activité électrique (*e.g.* ondes gamma >30 Hz) lors de tâches d'attention sélective chez l'homme (Ray *et al.*, 2008; Rodriguez *et al.*, 1999; Tallon-Baudry *et al.*, 2005).

Mettre en relation les caractéristiques attentionnelles et la vie sociale serait un autre aspect pertinent à aborder. Il serait intéressant d'observer les chevaux, au pré, en groupe, afin

d'évaluer les regards vers les congénères mais aussi vers l'ensemble des stimuli environnementaux : les mesures de durées et de fréquences des regards sociaux et non sociaux permettraient de caractériser l'attention des chevaux dans un contexte spontané. Ces observations pourraient servir de référence pour caractériser des durées de séquences « normales » chez le cheval. Cependant, cette approche reste compliquée car il est très difficile de contrôler les variations des stimuli environnementaux dans ce contexte (*e.g.* certains stimuli seront perçus par les chevaux mais pas par l'observateur). Par ailleurs, les réseaux sociaux visuels sont difficiles à évaluer de par l'utilisation des champs visuels binoculaires par les chevaux (Hughes, 1977) mais aussi de par la proximité spatiale reflétant les affinités des chevaux au sein du groupe (Hartmann *et al.*, 2012) impliquant une vision des autres permanente.

Enfin, dans le cadre de la relation homme-cheval, nous avons pu voir dans le **chapitre 6**, que certains individus témoins (n'ayant pas reçu de récompense alimentaire) ou ayant été entrainés avec une action tactile, ont tout de même commencé à apprendre la tâche d'immobilité. Ces résultats ouvrent des pistes de réflexion quant à l'impact d'actions non intentionnelles de l'entraineur sur le comportement des chevaux. Etant donné que les chevaux sont capables de percevoir l'état attentionnel de l'homme sur la base d'indices visuels et de modifier leur comportement en conséquence (Sankey *et al.*, 2011; André *et al.*, subm), il peut être envisageable que l'orientation du regard de l'entraineur puisse avoir influencé l'obéissance des chevaux lors de l'entrainement et ainsi leurs performances d'apprentissage. Il aurait été intéressant d'évaluer l'impact de l'orientation ou de la perception visible ou non du regard de l'expérimentateur sur l'attention des chevaux et leurs capacités d'apprentissage.

Par ailleurs, l'attention visuelle du cheval dans un contexte d'interaction avec l'homme peut aussi refléter la construction d'une relation positive (Micheletta & Waller, 2012). On peut donc se demander quelles seraient les caractéristiques attentionnelles du cheval envers l'homme si celui-ci avait une valence négative. Cette question impliquerait l'induction d'une série d'interactions négatives entre une personne et plusieurs chevaux, ce qui d'un point de vue éthique reste discutable. Cependant, chez le cheval la majorité des méthodes d'entrainement est basée sur l'utilisation du renforcement négatif (*e.g.* cravache) (Waran & Casey, 2005 ; Murphy & Arkins, 2007; Warren-Smith & McGreevy, 2008). Or l'utilisation de tels renforcements peut conduire à des conflits de motivation et donc à une situation stressante. Dans ce contexte, on peut supposer que la fréquence et la durée des regards des chevaux puisse être modulée. Nous avons vu au cours du chapitre 1 que les

individus dominés dans un groupe de primate effectuent plus de coups d'œil vers le dominant et particulièrement lors d'une situation stressante telle qu'un contexte de compétition alimentaire (Blois-Heulin, 1999; Blois-Heulin & Girona, 1999). Il serait donc envisageable de relever les caractéristiques attentionnelles visuelles des chevaux lors d'un apprentissage se basant sur l'utilisation d'un renforcement négatif et surtout les conséquences sur les regards des chevaux hors contexte de travail. Les variations de durée et de structure d'attention pourraient être comparées à celles observées dans un contexte impliquant un renforcement positif. A nouveau, une fenêtre optimale d'attention visuelle pourrait être identifiée, cette fois basée sur la typologie et la fréquence des regards par rapport à l'homme.

BIBLIOGRAPHIE

Abelkop, B. S., and Frick, J. E. (2003). Cross-Task Stability in Infant Attention: New Perspectives Using the Still-Face Procedure. *Infancy* 4, 567–588.

Ackerley, R., Saar, K., McGlone, F., and Backlund Wasling, H. (2014). Quantifying the sensory and emotional perception of touch: differences between glabrous and hairy skin. *Front. Behav. Neurosci.* 8, 34. doi:10.3389/fnbeh.2014.00034.

Adachi, I., Kuwahata, H., and Fujita, K. (2007). Dogs recall their owner's face upon hearing the owner's voice. *Anim. Cogn.* 10, 17–21. doi:10.1007/s10071-006-0025-8.

Akhtar, N., and Enns, J. T. (1989). Relations between convert orienting and filtering in the development of visual attention. *J. Exp. Child Psychol.* 48, 315–334. doi:10.1016/0022-0965(89)90008-8.

Alberts, S. C. (1994). Vigilance in young baboons: effects of habitat, age, sex and maternal rank on glance rate. *Anim. Behav.* 47, 749–755.

Allport, G. W. (1959). *The historical background of modern social psychology*. In G. Lindzey and E. Aronso (eds), The handbook of social psychology, 2nd ed., vol 1, Addison-Wesley, pp 1-80.

Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour* 49, 227–266. doi:10.1163/156853974X00534.

Anderson, B. (1994). The volume of the cerebellar molecular layer predicts attention to novelty in rats. *Brain Res.* 641, 160–162. doi:10.1016/0006-8993(94)91831-7.

Anderson, J. R. (1998). Social stimuli and social rewards in primate learning and cognition. *Behav. Processes* 42, 159–175. doi:10.1016/S0376-6357(97)00074-0.

Anderson, J. R., Sallaberry, P., and Barbier, H. (1995). Use of experimenter-given cues during object-choice tasks by capuchin monkeys. *Anim. Behav.* 49, 201–208. doi:10.1016/0003-3472(95)80168-5.

Anderson, M. K., Friend, T. H., Evans, J. W., and Bushong, D. M. (1999). Behavioral assessment of horses in therapeutic riding programs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 63, 11–24. doi:10.1016/S0168-1591(98)00237-8.

Andersson, M. (1982). Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature* 299, 818–820. doi:10.1038/299818a0.

André V, Vallet A. S., Henry S., Hausberger M., (subm) Are humans and horses equally sensitive to each other's emotional state during a leading task?

Andrew, R. J. (1972). "Recognition processes and behavior, with special reference to effects of testosterone on persistence," in *Advances in the study of behavior: IV*. (Oxford, England: Academic Press).

Anger, W. K. (1990). "Human neurobehavioral toxicology testing," in *Behavioral measures of neurotoxicity: Report of a symposium.*, eds. R. W. Russell, P. E. Flattau, and A. M. Pope (Washington, DC, US: National Academy Press), 69–85.

APA, A. P. (2013). *The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition.: DSM 5*. bookpointUS.

Armony, J. L., and Dolan, R. J. (2002). Modulation of spatial attention by fear-conditioned stimuli: an event-related fMRI study. *Neuropsychologia* 40, 817–826.

doi:10.1016/S0028-3932(01)00178-6.

Ashley, F. H., Waterman-Pearson, A. E., and Whay, H. R. (2005). Behavioural assessment of pain in horses and donkeys: application to clinical practice and future studies. *Equine Vet. J.* 37, 565–575. doi:10.2746/042516405775314826.

Aubin, T. (2004). Penguins and their noisy world. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 76, 279–283. doi:10.1590/S0001-37652004000200015.

Aubin, T., and Jouventin, P. (1998). Cocktail–party effect in king penguin colonies. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 265, 1665–1673. doi:10.1098/rspb.1998.0486.

Austin, N. P., and Rogers, L. J. (2012). Limb preferences and lateralization of aggression, reactivity and vigilance in feral horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* 83, 239–247. doi:10.1016/j.anbehav.2011.10.033.

Azouvi, P., Couillet, J., Leclercq, M., and Moroni, C. (2003). *La neuropsychologie de l'attention*. Marseille: Solal Editeurs.

Bachmann, I., Audige, L., and Stauffacher, M. (2003a). Risk factors associated with behavioural disorders of crib-biting, weaving and box-walking in Swiss horses. *Equine Vet. J.* 35, 158–163. doi:10.2746/042516403776114216.

Bachmann, I., Bernasconi, P., Herrmann, R., Weishaupt, M. A., and Stauffacher, M. (2003b). Behavioural and physiological responses to an acute stressor in crib-biting and control horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82, 297–311. doi:10.1016/S0168-1591(03)00086-8.

Baker, A. E. M., and Crawford, B. H. (1986). Observational learning in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 15, 7–13. doi:10.1016/0168-1591(86)90017-1.

Baptista, L. F., and Petrinovich, L. (1986). Song development in the white-crowned sparrow: social factors and sex differences. *Anim. Behav.* 34, 1359–1371. doi:10.1016/S0003-3472(86)80207-X.

Baragli, P., Gazzano, A., Martelli, F., and Sighieri, C. (2009). How Do Horses Appraise Humans' Actions? A Brief Note over a Practical Way to Assess Stimulus Perception. *J. Equine Vet. Sci.* 29, 739–742. doi:10.1016/j.jevs.2009.08.006.

Baragli, P., Mariti, C., Petri, L., De Giorgio, F., and Sighieri, C. (2011). Does attention make the difference? Horses' response to human stimulus after 2 different training strategies. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 6, 31–38. doi:10.1016/j.jveb.2010.08.020.

Barlow, G. W. (1968) Ethological units of behaviour In : the central Nervous System and Fish Behaviour (Ed. By D Ingle) pp 217-232 Chicago University of Chicago press.

Bard, K. A., Myowa-Yamakoshi, M., Tomonaga, M., Tanaka, M., Costall, A., and Matsuzawa, T. (2005). Group differences in the mutual gaze of chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Dev. Psychol.* 41, 616–624. doi:10.1037/0012-1649.41.4.616.

Baron-Cohen, S. (1995). "The eye direction detector (EDD) and the shared attention mechanism (SAM): Two cases for evolutionary psychology," in *Joint attention: Its origins and role in development.*, eds. C. Moore and P. J. Dunham (Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc), 41–59.

Bashaw, M. J., Tarou, L. R., Maki, T. S., and Maple, T. L. (2001). A survey assessment of variables related to stereotypy in captive giraffe and okapi. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 235–247. doi:10.1016/S0168-1591(01)00137-X.

Basile, M., Boivin, S., Boutin, A., Blois-Heulin, C., Hausberger, M., and Lemasson, A. (2009).

Socially dependent auditory laterality in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 12, 611–619. doi:10.1007/s10071-009-0220-5.

Bates, J. E. (1989). "Concepts and measures of temperament," in *Temperament in childhood*, eds. G. A. Kohnstamm, J. E. Bates, and M. K. Rothbart (Oxford, England: John Wiley & Sons), 3–26.

Bateson (2007). Performance on a categorisation task suggests that removal of environmental enrichment induces "pessimism" in captive European starlings (*Sturnus vulgaris*). *Anim. Welf.* 16, 33–36.

Bateson, M., Desire, S., Gartside, S. E., and Wright, G. A. (2011). Agitated Honeybees Exhibit Pessimistic Cognitive Biases. *Curr. Biol.* 21, 1070–1073. doi:10.1016/j.cub.2011.05.017.

Bayless, D. W., Darling, J. S., Stout, W. J., and Daniel, J. M. (2012). Sex differences in attentional processes in adult rats as measured by performance on the 5-choice serial reaction time task. *Behav. Brain Res.* 235, 48–54. doi:10.1016/j.bbr.2012.07.028.

Beck, A. T. (1967). *Depression: clinical, experimental, and theoretical aspects*. New York: Hoeber Medical Division, Harper & Row.

Beckett, C., Maughan, B., Rutter, M., Castle, J., Colvert, E., Groothues, C., Kreppner, J., Stevens, S., O'Connor, T. G., and Sonuga-Barke, E. J. S. (2006). Do the Effects of Early Severe Deprivation on Cognition Persist Into Early Adolescence? Findings From the English and Romanian Adoptees Study. *Child Dev.* 77, 696–711. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00898.x.

Begin C., (1991). Le rôle de l'attention et de la concentration dans les études. Association québécoise de pédagogie, Montréal.

Beerda, B., Schilder, M. B., van Hooff, J. A., de Vries, H. W., and Mol, J. A. (1999). Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction. I. Behavioral responses. *Physiol. Behav.* 66, 233–242.

Belsky, J., Friedman, S. L., and Hsieh, K.-H. (2001). Testing a Core Emotion-Regulation Prediction: Does Early Attentional Persistence Moderate the Effect of Infant Negative Emotionality on Later Development? *Child Dev.* 72, 123–133. doi:10.1111/1467-8624.00269.

Benhajali, H., Ezzaouia, M., Lunel, C., Charfi, F., and Hausberger, M. (2014). Stereotypic behaviours and mating success in domestic mares. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 153, 36–42. doi:10.1016/j.applanim.2014.01.002.

Benhajali, H., Richard-Yris, M.-A., Ezzaouia, M., Charfi, F., and Hausberger, M. (2009). Foraging opportunity: a crucial criterion for horse welfare? *animal* 3, 1308–1312. doi:10.1017/S1751731109004820.

Benhajali, H., Richard-Yris, M.-A., Leroux, M., Ezzaouia, M., Charfi, F., and Hausberger, M. (2008). A note on the time budget and social behaviour of densely housed horses: A case study in Arab breeding mares. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112, 196–200. doi:10.1016/j.applanim.2007.08.007.

Benjamini, Y., and Hochberg, Y. (2000). On the Adaptive Control of the False Discovery Rate in Multiple Testing With Independent Statistics. *J. Educ. Behav. Stat.* 25, 60–83. doi:10.3102/10769986025001060.

Bennett, C. M. H., and Galef, J. (1996). *Social Learning In Animals: The Roots of Culture*.

Elsevier. 441p

Bethell, E. J., Holmes, A., MacLarnon, A., and Semple, S. (2012). Evidence That Emotion Mediates Social Attention in Rhesus Macaques. *PLoS ONE* 7, e44387. doi:10.1371/journal.pone.0044387.

Birke, L. (2002). Effects of Browse, Human Visitors and Noise on the Behaviour of Captive Orang Utans. *Anim. Welf.* 11, 189–202.

Birrell, J. M., and Brown, V. J. (2000). Medial Frontal Cortex Mediates Perceptual Attentional Set Shifting in the Rat. *J. Neurosci.* 20, 4320–4324.

Blackmore, T. L., Foster, T. M., Sumpter, C. E., and Temple, W. (2008). An investigation of colour discrimination with horses (*Equus caballus*). *Behav. Processes* 78, 387–396. doi:10.1016/j.beproc.2008.02.003.

Blois-Heulin, C. (1999). Variability in Social Visual Attention in the Red-Capped Mangabey *(Cercocebus torquatus torquatus)* and the Grey-Cheeked Mangabey *(Cercocebus albigena albigena). Folia Primatol. (Basel)* 70, 264–268. doi:10.1159/000021705.

Blois-Heulin, C., and Girona, B. (1999). Patterns of Social Visual Attention in the Red-Capped Mangabey *(Cercocebus torquatus torquatus)* in the Context of Food Competition. *Folia Primatol. (Basel)* 70, 180–184. doi:10.1159/000021695.

Blough, P. M., and Lacourse, D. M. (1994). Sequential priming in visual search: Contributions of stimulus-driven facilitation and learned expectancies. *Anim. Learn. Behav.* 22, 275–281. doi:10.3758/BF03209835.

Bodnoff, S. R., Humphreys, A. G., Lehman, J. C., Diamond, D. M., Rose, G. M., and Meaney, M. J. (1995). Enduring effects of chronic corticosterone treatment on spatial learning, synaptic plasticity, and hippocampal neuropathology in young and mid-aged rats. *J. Neurosci.* 15, 61–69.

Boissy, A. (1995). Fear and Fearfulness in Animals. *Q. Rev. Biol.*, 165.

Boissy, A., and Bouissou, M.-F. (1995). Assessment of individual differences in behavioural reactions of heifers exposed to various fear-eliciting situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46, 17–31. doi:10.1016/0168-1591(95)00633-8.

Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., et al. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol. Behav.* 92, 375–397. doi:10.1016/j.physbeh.2007.02.003.

Boivin, X., Nowak, R., Desprès, G., Tournadre, H., and Neindre, P. L. (1997). Discrimination between shepherds by lambs reared under artificial conditions. *J. Anim. Sci.* 75, 2892–2898.

Boivin, X., Tournadre, H., and Neindre, P. L. (2000). Hand-feeding and gentling influence early-weaned lambs' attachment responses to their stockperson. *J. Anim. Sci.* 78, 879–884.

Bolhuis, J. E., Oostindjer, M., Hoeks, C. W. F., Haas, E. N. de, Bartels, A. C., Ooms, M., and Kemp, B. (2013). Working and reference memory of pigs (*Sus scrofa domesticus*) in a holeboard spatial discrimination task: the influence of environmental enrichment. *Anim. Cogn.* 16, 845–850. doi:10.1007/s10071-013-0646-7.

Bolhuis, J. E., Schouten, W. G. P., Schrama, J. W., and Wiegant, V. M. (2005). Behavioural development of pigs with different coping characteristics in barren and substrate-

enriched housing conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 213–228. doi:10.1016/j.applanim.2005.01.006.

Bomba, M. D., and Singhal, A. (2010). ERP evidence of early cross-modal links between auditory selective attention and visuo-spatial memory. *Brain Cogn.* 74, 273–280. doi:10.1016/j.bandc.2010.08.007.

Bourjade, M. (2007). Sociogenèse et expression des comportements individuels et collectifs chez le cheval (Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg).

Bowling, A. T., and Ruvinsky, A. (2000). *The Genetics of the Horse*. CABI. 546 p

Bowman, E. M., Brown, V. J., Kertzman, C., Schwarz, U., and Robinson, D. L. (1993). Covert orienting of attention in macaques. I. Effects of behavioral context. *J. Neurophysiol.* 70, 431–443.

Boyd, L. E. (1988). Time budgets of adult Przewalski horses: Effects of sex, reproductive status and enclosure. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21, 19–39. doi:10.1016/0168-1591(88)90099-8.

Boyd, L. E., Carbonaro, D. A., and Houpt, K. A. (1988). The 24-hour time budget of Przewalski horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21, 5–17. doi:10.1016/0168-1591(88)90098-6.

Boyd, L., and Keiper, R. (2005). *Behavioural ecology of feral horses*. In Mills, D.S., McDonnell, S. M. (Eds) *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of its Behaviour*. Cambridge Univ Press, Cambridge, pp 55-82.

Brache, K., Scialfa, C., and Hudson, C. (2010). Aging and Vigilance: Who Has the Inhibition Deficit? *Exp. Aging Res.* 36, 140–152. doi:10.1080/03610731003613425.

Bräuer, J., Call, J., and Tomasello, M. (2007). Chimpanzees really know what others can see in a competitive situation. *Anim. Cogn.* 10, 439–448. doi:10.1007/s10071-007-0088-1.

Breuer, K., Hemsworth, P. H., and Coleman, G. J. (2003). The effect of positive or negative handling on the behavioural and physiological responses of nonlactating heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 3–22. doi:10.1016/S0168-1591(03)00146-1.

Briefer Freymond, S., Briefer, E. F., Zollinger, A., Gindrat-von Allmen, Y., Wyss, C., and Bachmann, I. (2014). Behaviour of horses in a judgment bias test associated with positive or negative reinforcement. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 158, 34–45. doi:10.1016/j.applanim.2014.06.006.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York, Pergamon Press.

Broadbent, D. E. (1971). *Decision and stress*. Academic P. 548p

Brodeur, D. A., and Enns, J. T. (1997). Covert visual orienting across the lifespan. *Can. J. Exp. Psychol. Can. Psychol. Expérimentale* 51, 20–35. doi:10.1037/1196-1961.51.1.20.

Broom, D. m. (1986). Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.* 142, 524–526. doi:10.1016/0007-1935(86)90109-0.

Broom, D. M. (1987). "Applications of Neurobiological Studies to Farm Animal Welfare," *In: Wiepkema,P.R., van Adrichem, P.W.M. (Eds.), Biology of stress in farm animals: an integrative approach.*Martinus Nijhoff Publishers, La Hague.

Broom, D. M. (1991). Animal welfare: concepts and measurement. *J. Anim. Sci.* 69, 4167–4175.

Broom, D. M. (2010). Cognitive ability and awareness in domestic animals and decisions about obligations to animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 126, 1–11. doi:10.1016/j.applanim.2010.05.001.

Brust, V., Krüger, O., Naguib, M., and Krause, E. T. (2014). Lifelong consequences of early nutritional conditions on learning performance in zebra finches (*Taeniopygia guttata*). *Behav. Processes* 103, 320–326. doi:10.1016/j.beproc.2014.01.019.

Burgoon, J. K., and Hale, J. L. (1988). Nonverbal expectancy violations: Model elaboration and application to immediacy behaviors. *Commun. Monogr.* 55, 58–79. doi:10.1080/03637758809376158.

Burman, O. H. P., Parker, R., Paul, E. S., and Mendl, M. (2008). A spatial judgement task to determine background emotional state in laboratory rats, *Rattus norvegicus*. *Anim. Behav.* 76, 801–809. doi:10.1016/j.anbehav.2008.02.014.

Burn, C. C., Dennison, T. L., and Whay, H. R. (2010). Relationships between behaviour and health in working horses, donkeys, and mules in developing countries. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 126, 109–118. doi:10.1016/j.applanim.2010.06.007.

Burton, C. L., and Fletcher, P. J. (2012). Research report: Age and sex differences in impulsive action in rats: The role of dopamine and glutamate. *Behav. Brain Res.* 230, 21–33. doi:10.1016/j.bbr.2012.01.046.

Bushnell, P. J. (1998). Behavioral approaches to the assessment of attention in animals. *Psychopharmacology (Berl.)* 138, 231–259. doi:10.1007/s002130050668.

Bushnell, P. J., Oshiro, W. M., and Padnos, B. K. (1997). Detection of visual signals by rats: effects of chlordiazepoxide and cholinergic and adrenergic drugs on sustained attention. *Psychopharmacology (Berl.)* 134, 230–241. doi:10.1007/s002130050446.

Buss, A. (1989). "Temperaments as personality traits," in *Temperament in childhood.*, eds. G. A. Kohnstamm, J. E. Bates, and M. K. Rothbart (Oxford, England: John Wiley & Sons), 49–58.

Budzynski, M., Soltys, L., Wowiorko, J., (1992). Estimate of excitability of half-bred horses. 43rd Annu. Meet. FEZ, Madrid.

Caine, N. G. and Marra, S. L. (1988). Vigilance and social organization in two species of primates. *Anim Behav* 36, 897–904.

Caley, P. (1997). Movements, Activity Patterns and Habitat Use of Feral Pigs (*Sus scrofa*) in a Tropical Habitat. *Wildl. Res.* 24, 77–87.

Call, J., Bräuer, J., Kaminski, J., and Tomasello, M. (2003). Domestic dogs (*Canis familiaris*) are sensitive to the attentional state of humans. *J. Comp. Psychol.* 117, 257–263. doi:10.1037/0735-7036.117.3.257.

Cameron, E. Z., and du Toit, J. T. (2005). Social influences on vigilance behaviour in giraffes, *Giraffa camelopardalis*. *Anim. Behav.* 69, 1337–1344. doi:10.1016/j.anbehav.2004.08.015.

Camus, S. M. J., Blois-Heulin, C., Li, Q., Hausberger, M., and Bezard, E. (2013a). Behavioural Profiles in Captive-Bred Cynomolgus Macaques: Towards Monkey Models of Mental Disorders? *PLoS ONE* 8, e62141. doi:10.1371/journal.pone.0062141.

Camus, S. M., Rochais, C., Blois-Heulin, C., Li, Q., Hausberger, M., and Bezard, E. (2013b). Birth Origin Differentially Affects Depressive-Like Behaviours: Are Captive-Born Cynomolgus Monkeys More Vulnerable to Depression than Their Wild-Born

Counterparts? *PLOS ONE* 8, e67711. doi:10.1371/journal.pone.0067711.

Caporello Bluvas, E., and Gentner, T. Q. (2013). Attention to natural auditory signals. *Hear. Res.* 305, 10–18. doi:10.1016/j.heares.2013.08.007.

Carletta, J. (1996). Assessing Agreement on Classification Tasks: The Kappa Statistic. *Comput Linguist* 22, 249–254.

Carli, M., Robbins, T. W., Evenden, J. L., and Everitt, B. J. (1983). Effects of lesions to ascending noradrenergic neurones on performance of a 5-choice serial reaction task in rats; implications for theories of dorsal noradrenergic bundle function based on selective attention and arousal. *Behav. Brain Res.* 9, 361–380.

Caro, T. M. (2005). Antipredator defenses in birds and mammals. University of Chicago Press, 612p

Carlstead, K., Shepherdson, D., Sheppard, C., Mellen, J., Bennet, C., (2000).Constructing Behavioural Profiles for Zoo Animals: Incorporating Behavioural Information into Captive Population Management. *American Zoo and Aquarium Association's Behaviour and Husbandry Advisory Group and Oregon Zoo.*

Carriere, J., Cheyne, A., Solman, G., and Smilek, D. (2010). Age trends for failures of sustained attention. *Psychol. Aging* 25, 569–574. doi:10.1037/a0019363.

Casey, V., McGreevy, P. D., O'Muiris, E., and Doherty, O. (2013). A preliminary report on estimating the pressures exerted by a crank noseband in the horse. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 8, 479–484. doi:10.1016/j.jveb.2013.06.003.

Cavanaugh, L. A., Leonard, H. A., and Scammon, D. L. (2008). A tail of two personalities: How canine companions shape relationships and well-being. *J. Bus. Res.* 61, 469–479. doi:10.1016/j.jbusres.2007.07.024.

Cepeda, N. J., Kramer, A. F., and M, C. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Dev. Psychol.* 37, 715–730. doi:10.1037/0012-1649.37.5.715.

Chan, R. C. K., Shum, D., Toulopoulou, T., and Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 23, 201–216. doi:10.1016/j.acn.2007.08.010.

Chance, M. R. A. (1967). Attention Structure as the Basis of Primate Rank Orders. *Man* 2, 503–518. doi:10.2307/2799336.

Chance, M. R. A., and Jolly, C. (1970). *Social groups of monkeys, Apes and Men*. Jonathan Cape. London. 224p

Chang, Y.-C., and Huang, S.-L. (2012). The influence of attention levels on psychophysiological responses. *Int. J. Psychophysiol.* 86, 39–47. doi:10.1016/j.ijpsycho.2012.09.001.

Chaya, L., Cowan, E., and McGuire, B. (2006). A note on the relationship between time spent in turnout and behaviour during turnout in horses (*Equus caballus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98, 155–160. doi:10.1016/j.applanim.2005.08.020.

Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *J. Acoust. Soc. Am.* 25, 975–979. doi:10.1121/1.1907229.

Chmielewski, W. X., Mückschel, M., Roessner, V., and Beste, C. (2014). Expectancy effects during response selection modulate attentional selection and inhibitory control

networks. *Behav. Brain Res.* 274, 53–61. doi:10.1016/j.bbr.2014.08.006.

Choleris, E., and Kavaliers, M. (1999). Social Learning in Animals: Sex Differences and Neurobiological Analysis. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 64, 767–776. doi:10.1016/S0091-3057(99)00141-0.

Choleris, E., Guo, C., Liu1, H., Mainardi, M., and Valsecchi, P. (1997). The effect of demonstrator age and number on duration of socially-induced food preferences in house mouse (*Mus domesticus*). *Behav. Processes* 41, 69–77. doi:10.1016/S0376-6357(97)00029-6.

Christensen, J. W., and Rundgren, M. (2008). Predator odour per se does not frighten domestic horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112, 136–145. doi:10.1016/j.applanim.2007.08.003.

Christensen, J. W., Beekmans, M., van Dalum, M., and VanDierendonck, M. (2014). Effects of hyperflexion on acute stress responses in ridden dressage horses. *Physiol. Behav.* 128, 39–45. doi:10.1016/j.physbeh.2014.01.024.

Christensen, J. W., Ladewig, J., Søndergaard, E., and Malmkvist, J. (2002). Effects of individual versus group stabling on social behaviour in domestic stallions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75, 233–248. doi:10.1016/S0168-1591(01)00196-4.

Clarke, J. V., Nicol, C. J., Jones, R., and McGreevy, P. D. (1996). Effects of observational learning on food selection in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 50, 177–184. doi:10.1016/0168-1591(96)01071-4.

Clubb, R., and Mason, G. (2003). Animal Welfare: Captivity effects on wide-ranging carnivores. *Nature* 425, 473–474. doi:10.1038/425473a.

Cohen, L. B. (1972). Attention-Getting and Attention-Holding Processes of Infant Visual Preferences. *Child Dev.* 43, 869–879. doi:10.2307/1127638.

Cole, F., Hodgson, D., Reid, S., and Mellor, D. (2005). Owner-reported equine health disorders: results of an Australia-wide postal survey. *Aust. Vet. J.* 83, 490–495. doi:10.1111/j.1751-0813.2005.tb13301.x.

Colflesh, G. J. H., and Conway, A. R. A. (2007). Individual differences in working memory capacity and divided attention in dichotic listening. *Psychon. Bull. Rev.* 14, 699–703. doi:10.3758/BF03196824.

Colman, I., and Ataullahjan, A. (2010). Life course perspectives on the epidemiology of depression. *Can. J. Psychiatry Rev. Can. Psychiatr*. 55, 622–632.

Conein, B. (1998). Les sens sociaux: coordination de l'attention et interaction sociale. Intellectica, 1(2), 26-27.

Conty, L., N'Diaye, K., Tijus, C., and George, N. (2007). When eye creates the contact! ERP evidence for early dissociation between direct and averted gaze motion processing. *Neuropsychologia* 45, 3024–3037. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.017.

Conty, L., Tijus, C., Hugueville, L., Coelho, E., and George, N. (2006). Searching for asymmetries in the detection of gaze contact versus averted gaze under different head views: a behavioural study. *Spat. Vis.* 19, 529–545.

Cook, W. R. (1999). Pathophysiology of bit control in the horse. *J. Equine Vet. Sci.* 19, 196–204. doi:10.1016/S0737-0806(99)80067-7.

Cooper, J. J., and Albentosa, M. J. (2005). Behavioural adaptation in the domestic horse: potential role of apparently abnormal responses including stereotypic behaviour.

Livest. Prod. Sci. 92, 177–182. doi:10.1016/j.livrprodsci.2004.11.017.

Cooper, J. J., McDonald, L., and Mills, D. S. (2000). The effect of increasing visual horizons on stereotypic weaving: implications for the social housing of stabled horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 67–83. doi:10.1016/S0168-1591(00)00115-5.

Corbetta, M., and Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 3, 201–215. doi:10.1038/nrn755.

Corbetta, M., Miezin, F. M., Shulman, G. L., and Petersen, S. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *J. Neurosci.* 13, 1202–1226.

Cords, M. (1997). "Friendships, alliances, reciprocity and repair," in *Machiavellian intelligence II: Extensions and evaluations.*, eds. A. Whiten and R. W. Byrne (New York, NY, US: Cambridge University Press), 24–49.

Costa, P. T., and McCrae, R. R. (1992). Four ways five factors are basic. *Personal. Individ. Differ.* 13, 653–665. doi:10.1016/0191-8869(92)90236-I.

Cousillas, H., George, I., Henry, L., Richard, J.-P., and Hausberger, M. (2008). Linking Social and Vocal Brains: Could Social Segregation Prevent a Proper Development of a Central Auditory Area in a Female Songbird? *PLoS ONE* 3, e2194. doi:10.1371/journal.pone.0002194.

Cousillas, H., George, I., Mathelier, M., Richard, J.-P., Henry, L., and Hausberger, M. (2006). Social experience influences the development of a central auditory area. *Naturwissenschaften* 93, 588–596. doi:10.1007/s00114-006-0148-4.

Cowan, N. (1997). *Attention and Memory*. Oxford University Press. 342p

Craig, W. (1917). Appetites and Aversions as Constituents of Instincts. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 3, 685–688.

Crawford, M. P., and Spence, K. W. (1939). Observational learning of discrimination problems by chimpanzees. *J. Comp. Psychol.* 27, 133–147. doi:10.1037/h0061696.

Crider, A., Solomon, P. R., and McMahon, M. A. (1982). Disruption of selective attention in the rat following chronic d-amphetamine administration: Relationship to schizophrenic attention disorder. *Biol. Psychiatry* 17, 351–361.

Critchley, H. D., Elliott, R., Mathias, C. J., and Dolan, R. J. (2000). Neural Activity Relating to Generation and Representation of Galvanic Skin Conductance Responses: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *J. Neurosci.* 20, 3033–3040.

Dall, S. R. X., Giraldeau, L.-A., Olsson, O., McNamara, J. M., and Stephens, D. W. (2005). Information and its use by animals in evolutionary ecology. *Trends Ecol. Evol.* 20, 187–193. doi:10.1016/j.tree.2005.01.010.

Darwin, C., 1872 L'expression des émotions chez l'homme et les animaux. Paris: Comité des travaux historiques et scientifiques.

Davids, E., Zhang, K., Tarazi, F. I., and Baldessarini, R. J. (2003). Animal models of attention-deficit hyperactivity disorder. *Brain Res. Rev.* 42, 1–21. doi:10.1016/S0165-0173(02)00274-6.

Dawkins, M. (1971). Shifts of "attention" in chicks during feeding. *Anim. Behav.* 19, 575–582. doi:10.1016/S0003-3472(71)80114-8.

Dawkins, M. S. (2003). Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. *Zoology* 106,

383–387. doi:10.1078/0944-2006-00122.

Day, R. L., Coe, R. L., Kendal, J. R., and Laland, K. N. (2003). Neophilia, innovation and social learning: a study of intergeneric differences in callitrichid monkeys. *Anim. Behav.* 65, 559–571. doi:10.1006/anbe.2003.2074.

De Fockert, J. W., Ramchurn, A., van Velzen, J., Bergström, Z., and Bunce, D. (2009). Behavioral and ERP evidence of greater distractor processing in old age. *Brain Res.* 1282, 67–73. doi:10.1016/j.brainres.2009.05.060.

Deater-Deckard, K., and Wang, Z. (2012). Development of temperament and attention: Behavioral genetic approaches. *In Cognitive Neuroscience of Attention, New York Guilford press.*

Derryberry, D., and Rothbart, M. K. (1988). Arousal, affect, and attention as components of temperament. *J. Pers. Soc. Psychol.* 55, 958–966. doi:10.1037/0022-3514.55.6.958.

Derryberry, D., and Rothbart, M. K. (1997). Reactive and effortful processes in the organization of temperament. *Dev. Psychopathol.* null, 633–652. doi:null.

Derryberry, D., and Tucker, D. M. (1994). "Motivating the focus of attention," in *The heart's eye: Emotional influences in perception and attention*, eds. P. M. Niedenthal and S. Kitayama (San Diego, CA, US: Academic Press), 167–196.

Deussing, J. M. (2006). Animal models of depression. *Drug Discov. Today Dis. Models* 3, 375–383. doi:10.1016/j.ddmod.2006.11.003.

Deutsch, J. A., and Deutsch, D. (1963). Attention: Some Theoretical Considerations. *Psychol. Rev.* 70, 80–90. doi:10.1037/h0039515.

Devenport, L. D., and Hale, R. L. (1989). Contributions of hippocampus and neocortex to the expression of ethanol effects. *Psychopharmacology (Berl.)* 99, 337–344. doi:10.1007/BF00445554.

Digman, J. M. (1990). Personality Structure: Emergence of the Five-Factor Model. *Annu. Rev. Psychol.* 41, 417–440. doi:10.1146/annurev.ps.41.020190.002221.

Dingemanse, N. J., Both, C., Drent, P. J., van Oers, K., and van Noordwijk, A. J. (2002). Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild. *Anim. Behav.* 64, 929–938. doi:10.1006/anbe.2002.2006.

Driver, J., and Spence, C. (1998). Crossmodal attention. *Curr. Opin. Neurobiol.* 8, 245–253. doi:10.1016/S0959-4388(98)80147-5.

Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., and Baron-Cohen, S. (1999). Gaze Perception Triggers Reflexive Visuospatial Orienting. *Vis. Cogn.* 6, 509–540. doi:10.1080/135062899394920.

Duberstein, K. J., and Gilkeson, J. A. (2010). Determination of sex differences in personality and trainability of yearling horses utilizing a handler questionnaire. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 128, 57–63. doi:10.1016/j.applanim.2010.09.012.

Duchek, J. M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., and Morris, J. C. (1998). Attention and Driving Performance in Alzheimer's Disease. *J. Gerontol. B. Psychol. Sci. Soc. Sci.* 53B, P130–P141. doi:10.1093/geronb/53B.2.P130.

Dukas, R. (2004). Causes and Consequences of Limited Attention. *Brain. Behav. Evol.* 63, 197–210. doi:10.1159/000076781.

Duke-Elder, S. (1958). *System of ophthalmology*. St. Louis, Mosby Available at:

http://archive.org/details/systemofophthalm01duke [Accessed September 8, 2014].

Duncan, P. (1980). Time-Budgets of Camargue Horses .2. Time-Budgets of Adult Horses and Weaned Sub-Adults. *Behaviour* 72, 26–49. doi:10.1163/156853980X00023.

Dunn, L. A., Atwater, G. E., and Kilts, C. D. (1993). Effects of antipsychotic drugs on latent inhibition: sensitivity and specificity of an animal behavioral model of clinical drug action. *Psychopharmacology (Berl.)* 112, 315–323. doi:10.1007/BF02244927.

Dunnet, S. B., Whishaw, I. Q., Jones, G. H., and Bunch, S. T. (1987). Behavioural, biochemical and histochemical effects of different neurotoxic amino acids injected into nucleus basalis magnocellularis of rats. *Neuroscience* 20, 653–669. doi:10.1016/0306-4522(87)90117-5.

Durier, V., Henry, S., Sankey, C., Sizun, J., and Hausberger, M. (2012). Locomotor Inhibition in Adult Horses Faced to Stressors: A Single Postpartum Experience May be Enough! *Front. Psychol.* 3. doi:10.3389/fpsyg.2012.00442.

Dwyer, C., and Bornett, H. (2004). Chronic stress in sheep: assessment tools and their use in different management conditions. *Anim. Welf.* 13, 293–304.

Eisenberg, N., Cumberland, A., Spinrad, T. L., Fabes, R. A., Shepard, S. A., Reiser, M., Murphy, B. C., Losoya, S. H., and Guthrie, I. K. (2001). The Relations of Regulation and Emotionality to Children's Externalizing and Internalizing Problem Behavior. *Child Dev.* 72, 1112–1134. doi:10.1111/1467-8624.00337.

Emery, N. J. (2000). The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 24, 581–604. doi:10.1016/S0149-7634(00)00025-7.

Endenburg, N. (1999). Perceptions and attitudes towards horses in European societies. *Equine Vet. J.* 31, 38–41. doi:10.1111/j.2042-3306.1999.tb05154.x.

Engle, R. W. (2002). Working Memory Capacity as Executive Attention. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 11, 19–23. doi:10.1111/1467-8721.00160.

Ennaceur, A., Michalikova, S., Bradford, A., and Ahmed, S. (2005). Detailed analysis of the behavior of Lister and Wistar rats in anxiety, object recognition and object location tasks. *Behav. Brain Res.* 159, 247–266. doi:10.1016/j.bbr.2004.11.006.

Esterman, M., Reagan, A., Liu, G., Turner, C., and DeGutis, J. (2014). Reward reveals dissociable aspects of sustained attention. *J. Exp. Psychol. Gen.* 143, 2287–2295. doi:10.1037/xge0000019.

Evinger, C. (1995). A Brain Stem Reflex in the Blink of an Eye. *Physiology* 10, 147–153.

Feaver, J., Mendl, M., and Bateson, P. (1986). A method for rating the individual distinctiveness of domestic cats. *Anim. Behav.* 34, 1016–1025. doi:10.1016/S0003-3472(86)80160-9.

Fedorova, I., and Salem Jr., N. (2006). Omega-3 fatty acids and rodent behavior. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* 75, 271–289. doi:10.1016/j.plefa.2006.07.006.

Feh, C. (1999). Alliances and reproductive success in Camargue stallions. *Anim. Behav.* 57, 705–713. doi:10.1006/anbe.1998.1009.

Feh, C., and de Mazières, J. (1993). Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Anim. Behav.* 46, 1191–1194. doi:10.1006/anbe.1993.1309.

Feh, C., (2005). Relationships and communication in socially natural horse herd. In: Mills,

D.S., McDonnell, S.M. (Eds) The Domestic Horse, The Origins, Development and Management of its Behaviour. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 83-93.

Feist, J.D., (1971). Behavior of feral horses in the Pryor Mountain wild horse range. Master Thesis,University of Michigan.

Feist, J. D., and McCullough, D. R. (1976). Behavior Patterns and Communication in Feral Horses. *Z. Für Tierpsychol.* 41, 337–371. doi:10.1111/j.1439-0310.1976.tb00947.x.

Feldon, J., and Weiner, I. (1991). The latent inhibition model of schizophrenic attention disorder Haloperidol and sulpiride enhance rats' ability to ignore irrelevant stimuli. *Biol. Psychiatry* 29, 635–646. doi:10.1016/0006-3223(91)90133-7.

Feldon, J., and Weiner, I. (1992). From an animal model of an attentional deficit towards new insights into the pathophysiology of schizophrenia. *J. Psychiatr. Res.* 26, 345–366. doi:10.1016/0022-3956(92)90040-U.

Ferraz, A. C., Delattre, A. M., Almendra, R. G., Sonagli, M., Borges, C., Araujo, P., Andersen, M. L., Tufik, S., and Lima, M. M. S. (2011). Chronic ω-3 fatty acids supplementation promotes beneficial effects on anxiety, cognitive and depressive-like behaviors in rats subjected to a restraint stress protocol. *Behav. Brain Res.* 219, 116–122. doi:10.1016/j.bbr.2010.12.028.

Fisk, A. D., and Schneider, W. (1981). Control and Automatic Processing During Tasks Requiring Sustained Attention: A New Approach to Vigilance. *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.* 23, 737–750. doi:10.1177/001872088102300610.

Fonseca, B. P. A., Alves, A. L. G., Nicoletti, J. L. M., Thomassian, A., Hussni, C. A., and Mikail, S. (2006). Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Equine Vet. Sci.* 26, 507–516. doi:10.1016/j.jevs.2006.09.007.

Fordham, D. P., Al-Gahtani, S., Durotoye, L. A., and Rodway, R. G. (1991). Changes in plasma cortisol and β-endorphin concentrations and behaviour in sheep subjected to a change of environment. *Anim. Sci.* 52, 287–296. doi:10.1017/S0003356100012794.

Fox, E., Russo, R., and Dutton, K. (2002). Attentional bias for threat: Evidence for delayed disengagement from emotional faces. *Cogn. Emot.* 16, 355–379. doi:10.1080/02699930143000527.

Fraga, M. C., de Moura, E. G., da Silva Lima, N., Lisboa, P. C., de Oliveira, E., Silva, J. O., Claudio-Neto, S., Filgueiras, C. C., Abreu-Villaça, Y., and Manhães, A. C. (2014). Anxiety-like, novelty-seeking and memory/learning behavioral traits in male Wistar rats submitted to early weaning. *Physiol. Behav.* 124, 100–106. doi:10.1016/j.physbeh.2013.11.001.

François, J., Wouters, L., Victoria-Troncoso, V., de Rouck, A., and van Gerven, A. (1980). Morphometric and Electrophysiologic Study of the Photoreceptors in the Horse. *Ophthalmologica* 181, 340–349. doi:10.1159/000309074.

Fraser, D. (1995). Science, Values and Animal Welfare: Exploring the "Inextricable Connection." *Anim. Welf.* 4, 103–117.

Fraser, D., and Duncan, I. J. H. (1998). "Pleasures",'Pains' and Animal Welfare: Toward a Natural History of Affect. *Anim. Welf.* 7, 383–396.

Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., and Milligan, B. N. (1997). A Scientific Conception of Animal Welfare that Reflects Ethical Concerns. *Anim. Welf.* 6, 187–205.

French, J. M. (1993). Assessment of donkey temperament and the influence of home

environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36, 249–257. doi:10.1016/0168-1591(93)90014-G.

Friesen, C. K., and Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychon. Bull. Rev.* 5, 490–495. doi:10.3758/BF03208827.

Frischen, A., Bayliss, A. P., and Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychol. Bull.* 133, 694–724. doi:10.1037/0033-2909.133.4.694.

Frith, C. D., and Allen, H. A. (1983). The skin conductance orienting response as an index of attention. *Biol. Psychol.* 17, 27–39. doi:10.1016/0301-0511(83)90064-9.

Fuchs, E., and Flügge, G. (2002). Social stress in tree shrews: Effects on physiology, brain function, and behavior of subordinate individuals. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 73, 247–258. doi:10.1016/S0091-3057(02)00795-5.

Fukuzawa, M., and Hayashi, N. (2013). Comparison of 3 different reinforcements of learning in dogs (*Canis familiaris*). *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 8, 221–224. doi:10.1016/j.jveb.2013.04.067.

Fureix, C., Beaulieu, C., Argaud, S., Rochais, C., Quinton, M., Henry, S., Hausberger, M., and Mason, G. (2015). Investigating anhedonia in a non-conventional species: Do some riding horses *Equus caballus* display symptoms of depression? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 162, 26–36. doi:10.1016/j.applanim.2014.11.007.

Fureix, C., Bourjade, M., Henry, S., Sankey, C., and Hausberger, M. (2012a). Exploring aggression regulation in managed groups of horses *Equus caballus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138, 216–228. doi:10.1016/j.applanim.2012.02.009.

Fureix, C., Jego, P., Henry, S., Lansade, L., and Hausberger, M. (2012b). Towards an Ethological Animal Model of Depression? A Study on Horses. *PLoS ONE* 7, e39280. doi:10.1371/journal.pone.0039280.

Fureix, C., Hausberger, M., Seneque, E., Morisset, S., Baylac, M., Cornette, R., Biquand, V., and Deleporte, P. (2011). Geometric morphometrics as a tool for improving the comparative study of behavioural postures. *Naturwissenschaften* 98, 583–592. doi:10.1007/s00114-011-0803-2.

Fureix, C., Jego, P., Sankey, C., and Hausberger, M. (2009a). How horses (*Equus caballus*) see the world: humans as significant "objects." *Anim. Cogn.* 12, 643–654. doi:10.1007/s10071-009-0223-2.

Fureix, C., Pagès, M., Bon, R., Lassalle, J.-M., Kuntz, P., and Gonzalez, G. (2009b). A preliminary study of the effects of handling type on horses' emotional reactivity and the human–horse relationship. *Behav. Processes* 82, 202–210. doi:10.1016/j.beproc.2009.06.012.

Fureix C., Fureix, Ouvrard A., Rochais C., Gorecka A., Richard MA., Henry S., Menguy H., Jauriski, Levine M., Hausberger M. (en prep) What do ears positions tell us about horse welfare?

Galef, B. G. (2013). Imitation and local enhancement: Detrimental effects of consensus definitions on analyses of social learning in animals. *Behav. Processes* 100, 123–130. doi:10.1016/j.beproc.2013.07.026.

Galef, J., Bennett G. (1976). Social Transmission of Acquired Behavior: A Discussion of Tradition and Social Learning in Vertebrates. *Adv. Study Behav.* 6, 77–100.

doi:10.1016/S0065-3454(08)60082-0.

Gardner, L. P. (1937). The responses of horses in a discrimination problem. *J. Comp. Psychol.* 23, 13–34. doi:10.1037/h0056570.

Gariepy, J. L., and Strayer, F. F. (1983). Relations dyadiques entre attention sociale et comportements sociaux chez *Saimiri sciureus* en captivité. *Dyadic Relat. Soc. Atten. Soc. Behav. Saimiri Sciureus Captiv. Engl.* 8, 345–358.

Gazzaley, A., Clapp, W., Kelley, J., McEvoy, K., Knight, R. T., and D'Esposito, M. (2008). Age-related top-down suppression deficit in the early stages of cortical visual memory processing. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 105, 13122–13126. doi:10.1073/pnas.0806074105.

George, I., Cousillas, H., Richard, J.-P., and Hausberger, M. (2012). Experience with Adults Shapes Multisensory Representation of Social Familiarity in the Brain of a Songbird. *PLoS ONE* 7, e38764. doi:10.1371/journal.pone.0038764.

George, I., Richard, J.-P., Cousillas, H., and Hausberger, M. (2011). No need to talk, I know you: familiarity influences early multisensory integration in a songbird's brain. *Front. Behav. Neurosci.* 4, 193. doi:10.3389/fnbeh.2010.00193.

Gillham, S. B., Dodman, N. H., Shuster, L., Kream, R., and Rand, W. (1994). The effect of diet on cribbing behavior and plasma β-endorphin in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 41, 147–153. doi:10.1016/0168-1591(94)90019-1.

Girbovan, C., and Plamondon, H. (2013). Review: Environmental enrichment in female rodents: Considerations in the effects on behavior and biochemical markers. *Behav. Brain Res.* 253, 178–190. doi:10.1016/j.bbr.2013.07.018.

Goldberg, L. R. (1990). An alternative "description of personality": The Big-Five factor structure. *J. Pers. Soc. Psychol.* 59, 1216–1229. doi:10.1037/0022-3514.59.6.1216.

Goldstein, S., and Goldstein, M. (1990). *Managing attention disorders in children: A guide for practitioners*. Oxford, England: John Wiley & Sons. 451p

González, C., Fuentes, L. J., Carranza, J. A., and Estévez, A. F. (2001). Temperament and attention in the self-regulation of 7-year-old children. *Personal. Individ. Differ.* 30, 931–946. doi:10.1016/S0191-8869(00)00084-2.

Goodwin, D., Davidson, H. P. B., and Harris, P. (2005). Sensory varieties in concentrate diets for stabled horses: effects on behaviour and selection. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90, 337–349. doi:10.1016/j.applanim.2004.08.013.

Gopher, D., and Kahneman, D. (1971). Individual differences in attention and the prediction of flight criteria. *Percept. Mot. Skills* 33, 1335–1342. doi:10.2466/pms.1971.33.3f.1335.

Gosling, S. D., and John, O. P. (1999). Personality Dimensions in Nonhuman Animals: A Cross-Species Review. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 8, 69–75. doi:10.1111/1467-8721.00017.

Gotlib, I. H., and Joormann, J. (2010). Cognition and Depression: Current Status and Future Directions. *Annu. Rev. Clin. Psychol.* 6, 285–312. doi:10.1146/annurev.clinpsy.121208.131305.

Gotlib, I. H., and Krasnoperova, E. (1998). Biased information processing as a vulnerability factor for depression. *Behav. Ther.* 29, 603–617. doi:10.1016/S0005-7894(98)80020-8.

Goto, K., Bond, A. B., Burks, M., and Kamil, A. C. (2014). Visual search and attention in blue

jays (*Cyanocitta cristata*): Associative cuing and sequential priming. *J. Exp. Psychol. Anim. Learn. Cogn.* 40, 185–194. doi:10.1037/xan0000019.

Graaf, R. de, Kessler, R. C., Fayyad, J., Have, M. ten, Alonso, J., Angermeyer, M., Borges, G., Demyttenaere, K., Gasquet, I., Girolamo, G. de, et al. (2008). The prevalence and effects of adult attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) on the performance of workers: results from the WHO World Mental Health Survey Initiative. *Occup. Environ. Med.* 65, 835–842. doi:10.1136/oem.2007.038448.

Gray, J. A. (1987). *The Psychology of Fear and Stress*. CUP Archive. 422p

Greimel, E., Trinkl, M., Bartling, J., Bakos, S., Grossheinrich, N., and Schulte-Körne, G. (2015). Auditory selective attention in adolescents with major depression: An event-related potential study. *J. Affect. Disord.* 172, 445–452. doi:10.1016/j.jad.2014.10.022.

Grocott, D. F. H. (2003). Maps in Mind - How Animals Get Home? *J. Navig.* 56, 1–14. doi:10.1017/S0373463302002126.

Hall, C. S. (1941). Temperament: a survey of animal studies. *Psychol. Bull.* 38, 909–943. doi:10.1037/h0056232.

Hall, C., Goodwin, D., Heleski, C., Randle, H., and Waran, N. (2008). Is there evidence of learned helplessness in horses? *J. Appl. Anim. Welf. Sci. JAAWS* 11, 249–266. doi:10.1080/10888700802101130.

Hall, C., Kay, R., and Yarnell, K. (2014). Assessing ridden horse behavior: Professional judgment and physiological measures. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 9, 22–29. doi:10.1016/j.jveb.2013.09.005.

Hall, K. R. L. (1963). Observational Learning in Monkeys and Apes. *Br. J. Psychol.* 54, 201.

Hama, H., Yogo, M., and Matsuyama, Y. (1996). Effects of stroking horses on both humans' and horses' heart rate responses1. *Jpn. Psychol. Res.* 38, 66–73. doi:10.1111/j.1468-5884.1996.tb00009.x.

Hanggi, E. B. (1999). Categorization learning in horses (*Equus caballus*). *J. Comp. Psychol.* 113, 243–252. doi:10.1037/0735-7036.113.3.243.

Hanggi, E. b. (2005). The thinking horse: cognition and perception reviewed. *Proc. Annu. Conv.*51, 246-255

Hanggi, E. B. (2010). Rotated object recognition in four domestic horses (*Equus caballus*). *J. Equine Vet. Sci.* 30, 175–186. doi:10.1016/j.jevs.2010.02.003.

Hanggi, E. B., and Ingersoll, J. F. (2009a). Long-term memory for categories and concepts in horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 12, 451–462. doi:10.1007/s10071-008-0205-9.

Hanggi, E. B., and Ingersoll, J. F. (2009b). Stimulus discrimination by horses under scotopic conditions. *Behav. Processes* 82, 45–50. doi:10.1016/j.beproc.2009.04.009.

Hanggi, E. B., and Ingersoll, J. F. (2012). Lateral vision in horses: A behavioral investigation. *Behav. Processes* 91, 70–76. doi:10.1016/j.beproc.2012.05.009.

Hansen, S. W., Houbak, B., and Malmkvist, J. (1998). Development and possible causes of fur damage in farm mink: significance of social environment. *Acta Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 48, 58–64. doi:10.1080/09064709809362403.

Harati, H., Majchrzak, M., Cosquer, B., Galani, R., Kelche, C., Cassel, J.-C., and Barbelivien, A. (2011). Attention and memory in aged rats: Impact of lifelong environmental

enrichment. *Neurobiol. Aging* 32, 718–736. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2009.03.012.

Hare, B., and Tomasello, M. (1999). Domestic dogs (*Canis familiaris*) use human and conspecific social cues to locate hidden food. *J. Comp. Psychol.* 113, 173–177. doi:10.1037/0735-7036.113.2.173.

Hare, B., Melis, A. P., Woods, V., Hastings, S., and Wrangham, R. (2007). Tolerance Allows Bonobos to Outperform Chimpanzees on a Cooperative Task. *Curr. Biol.* 17, 619–623. doi:10.1016/j.cub.2007.02.040.

Haring, A. E., Zhuravleva, T. Y., Alperin, B. R., Rentz, D. M., Holcomb, P. J., and Daffner, K. R. (2013). Age-related differences in enhancement and suppression of neural activity underlying selective attention in matched young and old adults. *Brain Res.* 1499, 69–79. doi:10.1016/j.brainres.2013.01.003.

Harlow, H. F., and Harlow, M. (1962). Social deprivation in monkeys. *Sci. Am.* 207, 136–146.

Harlow, H. F., and Suomi, S. J. (1971). Social Recovery by Isolation-Reared Monkeys. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 68, 1534–1538.

Harlow, H. F., Dodsworth, R. O., and Harlow, M. K. (1965). Total social isolation in monkeys. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 54, 90–97.

Harman, A. M., Moore, S., Hoskins, R., and Keller, P. (1999). Horse vision and an explanation for the visual behaviour originally explained by the “ramp retina.” *Equine Vet. J.* 31, 384–390. doi:10.1111/j.2042-3306.1999.tb03837.x.

Harris, J.D. (1943). Habituatory response decrement in the intact organism. *Psychol. Bull.* 40, 385–422. doi:10.1037/h0053918.

Hartmann, E., Søndergaard, E., and Keeling, L. J. (2012). Keeping horses in groups: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 136, 77–87. doi:10.1016/j.applanim.2011.10.004.

Hattori, Y., Kuroshima, H., and Fujita, K. (2007). I know you are not looking at me: capuchin monkeys’ (*Cebus apella*) sensitivity to human attentional states. *Anim. Cogn.* 10, 141–148. doi:10.1007/s10071-006-0049-0.

Hausberger, M., and Muller, C. (2002). A brief note on some possible factors involved in the reactions of horses to humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76, 339–344. doi:10.1016/S0168-1591(02)00016-3.

Hausberger, M., Bruderer, C., Le Scolan, N., and Pierre, J.-S. (2004). Interplay between environmental and genetic factors in temperament/personality traits in horses (*Equus caballus*). *J. Comp. Psychol. Wash. DC 1983* 118, 434–446. doi:10.1037/0735-7036.118.4.434.

Hausberger M., & Richard-Yris M.A., (2005) Individual differences in the domestic horse, origins, development and stability, In: Mills, D., McDonnell, S. (Eds) The domestic horse. The evolution, development and management of its behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, pp 33-54.

Hausberger, M., Fureix, C., Bourjade, M., Wessel-Robert, S., and Richard-Yris, M.-A. (2012). On the significance of adult play: what does social play tell us about adult horse welfare? *Naturwissenschaften* 99, 291–302. doi:10.1007/s00114-012-0902-8.

Hausberger, M., Gautier, E., Biquand, V., Lunel, C., and Jégo, P. (2009). Could Work Be a Source of Behavioural Disorders? A Study in Horses. *PLoS ONE* 4, e7625.

doi:10.1371/journal.pone.0007625.

Hausberger, M., Gautier, E., Müller, C., and Jego, P. (2007). Lower learning abilities in stereotypic horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, 299–306. doi:10.1016/j.applanim.2006.10.003.

Hausberger, M., Muller, C., and Lunel, C. (2011). Does Work Affect Personality? A Study in Horses. *PLoS ONE* 6, e14659. doi:10.1371/journal.pone.0014659.

Hausberger, M., Roche, H., Henry, S., and Visser, E. K. (2008). A review of the human–horse relationship. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109, 1–24. doi:10.1016/j.applanim.2007.04.015.

Hausberger M., Fureix C., Lesimple C., (sous presse) Detecting horses' sickness: in search of visible signs, *Appl. Anim. Behav. Sci.*

Hebel, R. (1976). Distribution of retinal ganglion cells in five mammalian species (pig, sheep, ox, horse, dog). *Anat. Embryol. (Berl.)* 150, 45–51. doi:10.1007/BF00346285.

Heffner, R. S. (1997). Comparative Study of Sound Localization and its Anatomical Correlates in Mammals. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 117, 46–53. doi:10.3109/00016489709126144.

Heffner, R. S., and Heffner, H. E. (1983). Hearing in large mammals: Horses (*Equus caballus)* and cattle (*Bos taurus*). *Behav. Neurosci.* 97, 299–309. doi:10.1037/0735-7044.97.2.299.

Heinrich, B. (1988). Winter foraging at carcasses by three sympatric corvids, with emphasis on recruitment by the raven, *Corvus corax*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 23, 141–156. doi:10.1007/BF00300349.

Heird, J. C., Lokey, C. E., and Cogan, D. C. (1986). Repeatability and comparison of two maze tests to measure learning ability in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16, 103–119. doi:10.1016/0168-1591(86)90103-6.

Hemsworth, P. H. (2003). Human–animal interactions in livestock production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 185–198. doi:10.1016/S0168-1591(02)00280-0.

Hemsworth, P. H., and Barnett, J. L. (1991). The effects of aversively handling pigs, either individually or in groups, on their behaviour, growth and corticosteroids. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 61–72. doi:10.1016/0168-1591(91)90085-C.

Hemsworth, P. H., and Coleman, G. J. (2010). *Human-Livestock Interactions: The Stockperson and the Productivity of Intensively Farmed Animals*. CABI.

Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., Barnett, J. L., and Borg, S. (2000). Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows. *J. Anim. Sci.* 78, 2821–2831.

Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., Cox, M., and Barnett, J. L. (1994). Stimulus generalization: the inability of pigs to discriminate between humans on the basis of their previous handling experience. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 40, 129–142. doi:10.1016/0168-1591(94)90077-9.

Henderson, H. A., and Wachs, T. D. (2007). Temperament theory and the study of cognition–emotion interactions across development. *Dev. Rev.* 27, 396–427. doi:10.1016/j.dr.2007.06.004.

Henry, S., Hemery, D., Richard, M.-A., and Hausberger, M. (2005). Human–mare relationships and behaviour of foals toward humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 341–

362. doi:10.1016/j.applanim.2005.01.008.

Henry, S., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2006). Influence of various early human–foal interferences on subsequent human–foal relationship. *Dev. Psychobiol.* 48, 712–718. doi:10.1002/dev.20189.

Henry, S., Richard-Yris, M.-A., Tordjman, S., and Hausberger, M. (2009). Neonatal Handling Affects Durably Bonding and Social Development. *PLoS ONE* 4, e5216. doi:10.1371/journal.pone.0005216.

Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S., and Lindenberger, U. (2008). Enrichment Effects on Adult Cognitive Development Can the Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced? *Psychol. Sci. Public Interest* 9, 1–65. doi:10.1111/j.1539-6053.2009.01034.x.

Hiby, E. F., Rooney, N. J., and Bradshaw, J. W. . (2004). Dog training methods: their use, effectiveness and interaction with behaviour and welfare. *Anim. Welf.* 13, 63–69.

Hidi, S. E. (1995). A reexamination of the role of attention in learning from text. *Educ. Psychol. Rev.* 7, 323–350. doi:10.1007/BF02212306.

Hinde, R. A. (1976). On describing relationships. *J. Child Psychol. Psychiatry* 17, 1–19.

Hinde, R. A. (1979). *Towards understanding relationships*. Academic Press. London.

Hockenhull, J., and Creighton, E. (2013). Training horses: Positive reinforcement, positive punishment, and ridden behavior problems. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 8, 245–252. doi:10.1016/j.jveb.2012.06.002.

Holland, J. l., Kronfeld, D. s., and Meacham, T. n. (1996). Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. *J. Anim. Sci.*, 1252.

Hope, D. A., and Izard, C. E. (1996). *Perspectives on Anxiety, Panic, and Fear*. U of Nebraska Press.

Horn, L., Virányi, Z., Miklósi, Á., Huber, L., and Range, F. (2012). Domestic dogs (*Canis familiaris*) flexibly adjust their human-directed behavior to the actions of their human partners in a problem situation. *Anim. Cogn.* 15, 57–71. doi:10.1007/s10071-011-0432-3.

Horváth, J. (2014). Sensory ERP effects in auditory distraction: did we miss the main event? *Psychol. Res.* 78, 339–348. doi:10.1007/s00426-013-0507-7.

Houpt, K. A., and Keiper, R. (1982). The Position of the Stallion in the Equine Dominance Hierarchy of Feral and Domestic Ponies. *J. Anim. Sci.* 54, 945–950.

Houpt, K. A., Law, K., and Martinisi, V. (1978). Dominance hierarchies in domestic horses. *Appl. Anim. Ethol.* 4, 273–283. doi:10.1016/0304-3762(78)90117-7.

Houpt, K. A., Parsons, M. S., and Hintz, H. F. (1982). Learning ability of orphan foals, of normal foals and of their mothers. *J. Anim. Sci.* 55, 1027–1032.

Hovell, G. J. R. (1998). Welfare considerations when attaching animals to vehicles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 59, 11–17. doi:10.1016/S0168-1591(98)00116-6.

Hughes, A. (1977). "The Topography of Vision in Mammals of Contrasting Life Style: Comparative Optics and Retinal Organisation," in *The Visual System in Vertebrates* Handbook of Sensory Physiology., ed. F. Crescitelli (Springer Berlin Heidelberg), 613–756.

Hunter, L. T. B., and Skinner, J. D. (1998). Vigilance Behaviour in African Ungulates: The Role of Predation Pressure. *Behaviour* 135, 195–211. doi:10.1163/156853998793066320.

Hygge, S., Evans, G. W., and Bullinger, M. (2002). A Prospective Study of Some Effects of Aircraft Noise on Cognitive Performance in Schoolchildren. *Psychol. Sci.* 13, 469–474. doi:10.1111/1467-9280.00483.

Ireland, J. L., Clegg, P. D., McGowan, C. M., McKane, S. A., Chandler, K. J., and Pinchbeck, G. L. (2012). Comparison of owner-reported health problems with veterinary assessment of geriatric horses in the United Kingdom. *Equine Vet. J.* 44, 94–100. doi:10.1111/j.2042-3306.2011.00394.x.

Itakura, S., Agnetta, B., Hare, B., and Tomasello, M. (1999). Chimpanzee Use of Human and Conspecific Social Cues to Locate Hidden Food. *Dev. Sci.* 2, 448–456. doi:10.1111/1467-7687.00089.

Iwasa, Y., and Pomiankowski, A. (1995). Continual change in mate preferences. *Nature* 377, 420–422. doi:10.1038/377420a0.

James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Henry Holt and Co, reprinted by Dover Publications, New York, 1950

Jans, B., Peters, J. C., and De Weerd, P. (2010). Visual spatial attention to multiple locations at once: The jury is still out. *Psychol. Rev.* 117, 637–682. doi:10.1037/a0019082.

Jansen, T., Forster, P., Levine, M. A., Oelke, H., Hurles, M., Renfrew, C., Weber, J., and Olek, K. (2002). Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99, 10905–10910. doi:10.1073/pnas.152330099.

Jeffcott, L.B., 1980. Disorders of the thoracolumbar spine of the horse. A survey of 443 cases. *Equine Vet. J.* 12, 197-210.

Jensen, K. H., Pedersen, L. J., Nielsen, E. K., Heller, K. E., Ladewig, J., and Jørgensen, E. (1996). Intermittent stress in pigs: Effects on behavior, pituitary-adrenocortical axis, growth, and gastric ulceration. *Physiol Behav* 59, 741–748.

Jones, B. C., Debruine, L. M., Little, A. C., Conway, C. A., and Feinberg, D. R. (2006). Integrating gaze direction and expression in preferences for attractive faces. *Psychol. Sci.* 17, 588–591.

Jones, R. B. (1987). Assessment of fear in adult laying hens: Correlational analysis of methods and measures. *Br. Poult. Sci.* 28, 319.

Jones, R. B. (1988). Repeatability of fear ranks among adult laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 19, 297–304. doi:10.1016/0168-1591(88)90011-1.

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.

Kaminski, J., Call, J., and Tomasello, M. (2004). Body orientation and face orientation: two factors controlling apes' begging behavior from humans. *Anim. Cogn.* 7, 216–223. doi:10.1007/s10071-004-0214-2.

Kaminski, J., Riedel, J., Call, J., and Tomasello, M. (2005). Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Anim. Behav.* 69, 11–18. doi:10.1016/j.anbehav.2004.05.008.

Kane, M. J., and Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences

perspective. *Psychon. Bull. Rev.* 9, 637–671. doi:10.3758/BF03196323.

Kanfer, R., and Ackerman, P. L. (1989). Motivation and cognitive abilities: An integrative/aptitude-treatment interaction approach to skill acquisition. *J. Appl. Psychol.* 74, 657–690. doi:10.1037/0021-9010.74.4.657.

Karalunas, S. L., Fair, D., Musser, E. D., Aykes, K., Iyer, S. P., and Nigg, J. T., (2014). Subtyping attention-deficit/hyperactivity disorder using temperament dimensions : Toward biologically based nosologic criteria. *JAMA Psychiatry* 71, 1015–1024. doi:10.1001/jamapsychiatry.2014.763.

Keeling, L. J., Jonare, L., and Lanneborn, L. (2009). Investigating horse–human interactions: The effect of a nervous human. *Vet. J.* 181, 70–71. doi:10.1016/j.tvjl.2009.03.013.

Keiper, R. R. (1985). *The Assateague ponies*. Centreville, Md. : Tidewater Publishers, 1985.

Kemp, A. H., Pe Benito, L., Quintana, D. S., Clark, C. R., McFarlane, A., Mayur, P., Harris, A., Boyce, P., and Williams, L. M. (2010). Impact of depression heterogeneity on attention: An auditory oddball event related potential study. *J. Affect. Disord.* 123, 202–207. doi:10.1016/j.jad.2009.08.010.

Kieling, R. R., Kieling, C., Aguiar, A. P., Costa, A. C., Dorneles, B. V., and Rohde, L. A. (2014). Searching for the best approach to assess teachers' perception of inattention and hyperactivity problems at school. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 23, 451–459. doi:10.1007/s00787-013-0466-y.

Kienapfel, K., Link, Y., and König v. Borstel, U. (2014). Prevalence of Different Head-Neck Positions in Horses Shown at Dressage Competitions and Their Relation to Conflict Behaviour and Performance Marks. *PLoS ONE* 9, e103140. doi:10.1371/journal.pone.0103140.

Kiley-Worthington, M., (1976). The tail of ungulates, canids, and felids with particular reference to their causation and function as displays. *Behavior* 56, 69-115.

Kiley-Worthington, M., (1987). *The Behaviour of Horses in Relation to Management and Training.* London: JA Allen.

Kimura, D. (1967). Functional Asymmetry of the Brain in Dichotic Listening. *Cortex* 3, 163–178. doi:10.1016/S0010-9452(67)80010-8.

Kingstone, A., and Smilek, D. (2007). Cognitive Ethology: a new approach for studying human cognition. *Br. J. Psychol. Lond. Engl. 1953* 99, 317–40. doi:10.1348/000712607X251243.

Kingstone, A., Smilek, D., Ristic, J., Friesen, C. K., Eastwood, J. D., (2003). Attention, researchers! it is time to take a look at the real world. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 12, 176. doi:10.1111/1467-8721.01255.

Kingstone, A., Smilek, D., Birmingham, E., Cameron, D., and Bischof, W. F. (2005). "Cognitive ethology: giving real life to attention research," in *Measuring the Mind: Speed, control, and age*, eds. J. Duncan, L. Phillips, and P. McLeod (Oxford University Press), 341–358.

Kirchhofer, K. C., Zimmermann, F., Kaminski, J., and Tomasello, M. (2012). Dogs (*Canis familiaris*), but Not Chimpanzees (*Pan troglodytes*), Understand Imperative Pointing. *PLoS ONE* 7, e30913. doi:10.1371/journal.pone.0030913.

Kleinke, C. L. (1986). Gaze and eye contact: A research review. *Psychol. Bull.* 100, 78–100.

doi:10.1037/0033-2909.100.1.78.

Kleitman, N. (1963). *Sleep and Wakefulness*. University of Chicago Press.

Klingel, H. (1981). Social organization of feral horses. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 32, 89–95.

Kluger, A. N., Siegfried, Z., and Ebstein, R. P. (2002). A meta-analysis of the association between DRD4 polymorphism and novelty seeking. *Mol. Psychiatry* 7, 712–717.

Koba, Y., and Tanida, H. (2001). How do miniature pigs discriminate between people?: Discrimination between people wearing coveralls of the same colour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 45–58. doi:10.1016/S0168-1591(01)00106-X.

Konig, H., Wissdorf, H., Probst, A., Macher, R., Voss, S., and Polsterer, E. (2005). Considerations about the function of the mimic muscles and the vomeronasal organ of horses during the Flehmen reaction. *Pferdeheilkunde* 21, 297–300.

Kownacki, M., Sasimowski, E., Budzynski, M., Jezierski, T., Kapron, M., Jelen, B., Jaworska, M., Dziedzic, R., Seweryn, A., and Slomka, Z. (1978). Observations of 24 Hours Rhythm of Natural Behavior of Polish Primitive Horse Bred for Conservation of Genetic Resources in a Forest Reserve. *Genet. Pol.* 19, 61–77.

Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., and Logan, G. D. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychol. Aging* 9, 491–512. doi:10.1037/0882-7974.9.4.491.

Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. *Eur. J. Psychol. Educ.* 14, 23–40. doi:10.1007/BF03173109.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learn. Instr.* 12, 383–409. doi:10.1016/S0959-4752(01)00011-1.

Kraut, A. G. (1976). Effects of familiarization on alertness and encoding in children. *Dev. Psychol.* 12, 491–496. doi:10.1037/0012-1649.12.6.491.

Krasinska , M., Krasinski, Z., Bunevich, A., (2000). Factors affecting the variability in home range size and distribution in European bison in the Polish and Belarussian parts of the Bialowieza Forest. *Acta Therologica*, 45, 321-334.

Krebs, J. R. (1971). Territory and Breeding Density in the Great Tit, *Parus Major* L. *Ecology*, 3.

Krueger, K., and Heinze, J. (2008). Horse sense: social status of horses (*Equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. *Anim. Cogn.* 11, 431–439. doi:10.1007/s10071-007-0133-0.

Krueger, K., Flauger, B., Farmer, K., and Maros, K. (2011). Horses (*Equus caballus*) use human local enhancement cues and adjust to human attention. *Anim. Cogn.* 14, 187–201. doi:10.1007/s10071-010-0352-7.

Kruschke, J. K. (2003). Attention in Learning. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 12, 171–175. doi:10.1111/1467-8721.01254.

Kummer, H., and Kurt, F. (1963). Social Units of a Free-living Population of Hamadryas Baboons. *Folia Primatol.* 1, 4–19. doi:10.1159/000164877.

Kutsukake, N. (2006). The Context and Quality of Social Relationships Affect Vigilance Behaviour in Wild Chimpanzees. *Ethology* 112, 581–591. doi:10.1111/j.1439-

0310.2006.01200.x.

Labouesse, M. A., Stadlbauer, U., Langhans, W., and Meyer, U. (2013). Chronic high fat diet consumption impairs sensorimotor gating in mice. *Psychoneuroendocrinology* 38, 2562–2574. doi:10.1016/j.psyneuen.2013.06.003.

Lader, M. H., and Wing, L. (1964). Habituation of the psycho-galvanic reflex in patients with anxiety states and in normal subjects. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 27, 210–218.

Lampe, J., and Andre, J. (2012). Cross-modal recognition of human individuals in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 15, 623–630. doi:10.1007/s10071-012-0490-1.

Lang, P. J., Simons, R. F., and Balaban, M. (2013). *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes*. Psychology Press.

Langley, C. M. (1996). Search images: Selective attention to specific visual features of prey. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.* 22, 152–163. doi:10.1037/0097-7403.22.2.152.

Langlois, B. (1975). Interpretation statistique et genetique des gains des chevaux dans les competitions equestres Françaises. *Livest. Prod. Sci.* 2, 191–204. doi:10.1016/0301-6226(75)90037-8.

Langlois, B., and Blouin, C. (1998). Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. II. Effect on annual earnings and annual earnings per start. *Ann. Zootech.* 47, 67–74. doi:10.1051/animres:19980105.

Lansade, L., 2005. Le tempérament du cheval. Etude théorique. Application à la sélection des chevaux destinés à l'équitation. Thèse universitaire en Sciences de la Vie, Université de Tours.

Lansade, L., and Bouissou, M.-F. (2008a). Reactivity to humans: A temperament trait of horses which is stable across time and situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 492–508. doi:10.1016/j.applanim.2008.04.012.

Lansade, L., Bouissou, M.-F., and Erhard, H. W. (2008b). Fearfulness in horses: A temperament trait stable across time and situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 115, 182–200. doi:10.1016/j.applanim.2008.06.011.

Lansade, L., Pichard, G., and Leconte, M. (2008c). Sensory sensitivities: Components of a horse's temperament dimension. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 534–553. doi:10.1016/j.applanim.2008.02.012.

Le Scolan, N., Hausberger, M., and Wolff, A. (1997). Stability over situations in temperamental traits of horses as revealed by experimental and scoring approaches. *Behav. Processes* 41, 257–266. doi:10.1016/S0376-6357(97)00052-1.

Leblanc, M.-A., and Weiss, G. (2013). *The Mind of the Horse : An Introduction to Equine Cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Leca, J.-B., Gunst, N., Thierry, B., and Petit, O. (2003). Distributed leadership in semifree-ranging white-faced capuchin monkeys. *Anim. Behav.* 66, 1045–1052. doi:10.1006/anbe.2003.2276.

Leith, C., and Maki, W. (1975). Attention shifts during matching-to-sample performance in pigeons. *Learn. Behav.* 3, 85–89. doi:10.3758/BF03209105.

Lemasson, A., Blois-Heulin, C., Jubin, R., and Hausberger, M. (2006). Female social relationships in a captive group of Campbell's monkeys (*Cercopithecus campbelli campbelli*). *Am. J. Primatol.* 68, 1161–1170. doi:10.1002/ajp.20315.

Lemasson, A., Boutin, A., Boivin, S., Blois-Heulin, C., and Hausberger, M. (2009). Horse (*Equus caballus*) whinnies: a source of social information. *Anim. Cogn.* 12, 693–704. doi:10.1007/s10071-009-0229-9.

Lensink, B. J., Boivin, X., Pradel, P., Neindre, P. L., and Veissier, I. (2000a). Reducing veal calves' reactivity to people by providing additional human contact. *J. Anim. Sci.* 78, 1213–1218.

Lensink, B. J., Fernandez, X., Boivin, X., Pradel, P., Neindre, P. L., and Veissier, I. (2000b). The impact of gentle contacts on ease of handling, welfare, and growth of calves and on quality of veal meat. *J. Anim. Sci.* 78, 1219–1226.

Lensink, B. J., Raussi, S., Boivin, X., Pyykkönen, M., and Veissier, I. (2001). Reactions of calves to handling depend on housing condition and previous experience with humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 187–199. doi:10.1016/S0168-1591(00)00152-0.

Lesimple, C., and Hausberger, M. (2014). How accurate are we at assessing others' well-being? The example of welfare assessment in horses. *Front. Psychol.* 5. doi:10.3389/fpsyg.2014.00021.

Lesimple, C., Fureix, C., Biquand, V., and Hausberger, M. (2013). Comparison of clinical examinations of back disorders and humans' evaluation of back pain in riding school horses. *BMC Vet. Res.* 9, 209. doi:10.1186/1746-6148-9-209.

Lesimple, C., Fureix, C., De Margerie, E., Seneque, E., Menguy, H., and Hausberger, M. (2012). Towards a Postural Indicator of Back Pain in Horses (*Equus caballus*). *Plos One* 7, e44604. doi:10.1371/journal.pone.0044604.

Lesimple, C., Fureix, C., LeScolan, N., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2011). Housing conditions and breed are associated with emotionality and cognitive abilities in riding school horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 129, 92–99. doi:10.1016/j.applanim.2010.11.005.

Lesimple, C., Fureix, C., Menguy, H., and Hausberger, M. (2010). Human Direct Actions May Alter Animal Welfare, a Study on Horses (*Equus caballus*). *PLoS ONE* 5, e10257. doi:10.1371/journal.pone.0010257.

Lesimple, C., Sankey, C., Richard, M. A., and Hausberger, M. (2012). Do Horses Expect Humans to Solve Their Problems? *Front. Psychol.* 3. doi:10.3389/fpsyg.2012.00306.

Lesimple C., Fureix C., Aube L., Hausberger M., (subm) Detecting horses' sickness: sources and visible signs of back disorders, subm

Leung, K.-K., Lee, T. M. C., Yip, P., Li, L. S. W., and Wong, M. M. C. (2009). Selective attention biases of people with depression: Positive and negative priming of depression-related information. *Psychiatry Res.* 165, 241–251. doi:10.1016/j.psychres.2007.10.022.

Levine, M.A., 2005. Domestication and early history of the horse. In: Mills, D., McDonnell, S. (Eds) The domestic horse. The evolution, development and management of its behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, pp 5-22.

Levy, F., Hay, D. A., McStephen, M., Wood, C., and Waldman, I. (1997). Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Category or a Continuum? Genetic Analysis of a Large-Scale Twin Study. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 36, 737–744. doi:10.1097/00004583-199706000-00009.

Libera, C. D., and Chelazzi, L. (2006). Visual Selective Attention and the Effects of Monetary

Rewards. *Psychol. Sci.* 17, 222–227. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01689.x.

Lima, S. L., and Dill, L. M. (1990). Behavioral decisions made under the risk of predation : a review and prospectus. *Can J Zool* 68, 619–640.

Lindberg, A. C., Kelland, A., and Nicol, C. J. (1999). Effects of observational learning on acquisition of an operant response in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61, 187–199. doi:10.1016/S0168-1591(98)00184-1.

Lindsay, S. R. (2013). *Handbook of Applied Dog Behavior and Training, Adaptation and Learning*. John Wiley & Sons.

Lloyd, A. S., Martin, J. E., Bornett-Gauci, H. L. I., and Wilkinson, R. G. (2007). Evaluation of a novel method of horse personality assessment: Rater-agreement and links to behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 205–222. doi:10.1016/j.applanim.2006.05.017.

Lorenz, K. (1935). Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. *J. Für Ornithol.* 83, 289–413. doi:10.1007/BF01905572.

Lorenz, K. Z. (1950). "The comparative method in studying innate behavior patterns," in *Physiological mechanisms in animal behavior. (Society's Symposium IV.)* (Oxford, England: Academic Press), 221–268.

Lowe, S. E., and Bradshaw, J. W. S. (2001). Ontogeny of individuality in the domestic cat in the home environment. *Anim. Behav.* 61, 231–237. doi:10.1006/anbe.2000.1545.

Mackworth, N. H. (1950). *Researches on the measurement of human performance*. His Majesty's Stationery Office.

MacLean, E. L., and Hare, B. (2012). Bonobos and chimpanzees infer the target of another's attention. *Anim. Behav.* 83, 345–353. doi:10.1016/j.anbehav.2011.10.026.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychol. Bull.* 109, 163–203. doi:10.1037/0033-2909.109.2.163.

Mader, D., and Price, E. (1980). Discrimination learning in horses: effects of breed, age and social dominance. *J. Anim. Sci.* 50, 962–965.

Maejima, M., Inoue-Murayama, M., Tonosaki, K., Matsuura, N., Kato, S., Saito, Y., Weiss, A., Murayama, Y., and Ito, S. (2007). Traits and genotypes may predict the successful training of drug detection dogs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, 287–298. doi:10.1016/j.applanim.2006.10.005.

Maille, A., Engelhart, L., Bourjade, M., and Blois-Heulin, C. (2012). To Beg, or Not to Beg? That Is the Question: Mangabeys Modify Their Production of Requesting Gestures in Response to Human's Attentional States. *PLoS ONE* 7, e41197. doi:10.1371/journal.pone.0041197.

Maki, W. S., and Leith, C. R. (1973). Shared Attention in Pigeons1. *J. Exp. Anal. Behav.* 19, 345–349. doi:10.1901/jeab.1973.19-345.

Maquestiaux, F. (2013). *Psychologie de l'attention*. Bruxelles: De Boeck.

Marinier, S. L., and Alexander, A. J. (1994). The use of a maze in testing learning and memory in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 177–182. doi:10.1016/0168-1591(94)90137-6.

Marler, P. (1965). "communication in monkeys and apes," in *primate behavior* (New-York: Holt, Rinehart and Winston), 544–584.

Maros, K., Gácsi, M., and Miklósi, Á. (2008). Comprehension of human pointing gestures in horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 11, 457–466. doi:10.1007/s10071-008-0136-5.

Marshall, J. F., and Gotthelf, T. (1979). Sensory inattention in rats with 6-hydroxydopamine-induced degeneration of ascending dopaminergic neurons: Apomorphine-induced reversal of deficits. *Exp. Neurol.* 65, 398–411. doi:10.1016/0014-4886(79)90107-9.

Martin, P., and Bateson, P. P. G. (1993). *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press.

Mason, C. D., Whiting Jr., R. M., and Conway, W. C. (2013). Time-activity Budgets of Waterfowl Wintering on Livestock Ponds in Northeast Texas. *Southeast. Nat.* 12, 757–768.

Mason, G., and Latham, N. (2004). Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Anim. Welf.* 13, 57–69.

Mathews, A., and MacLeod, C. (1994). Cognitive Approaches to Emotion and Emotional Disorders. *Annu. Rev. Psychol.* 45, 25–50. doi:10.1146/annurev.ps.45.020194.000325.

Mathews, A., Ridgeway, V., and Williamson, D. A. (1996). Evidence for attention to threatening stimuli in depression. *Behav. Res. Ther.* 34, 695–705. doi:10.1016/0005-7967(96)00046-0.

Matsumoto, D., and Juang, L. (2012). *Culture and Psychology*. Cengage Learning.

Matzel, L. D., and Kolata, S. (2010). Selective attention, working memory, and animal intelligence. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 34, 23–30. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.07.002.

Matzel, L., Wass, C., and Kolata, S. (2011). Individual Differences in Animal Intelligence: Learning, Reasoning, Selective Attention and Inter-Species Conservation of a Cognitive Trait. *Int. J. Comp. Psychol.* 24, 36–59.

Mayes, S. D., Calhoun, S. L., and Crowell, E. W. (2000). Learning Disabilities and ADHD Overlapping Spectrum Disorders. *J. Learn. Disabil.* 33, 417–424. doi:10.1177/002221940003300502.

McAvinue, L. P., Habekost, T., Johnson, K. A., Kyllingsbæk, S., Vangkilde, S., Bundesen, C., and Robertson, I. H. (2012). Sustained attention, attentional selectivity, and attentional capacity across the lifespan. *Atten. Percept. Psychophys.* 74, 1570–1582. doi:10.3758/s13414-012-0352-6.

McCall, C. A. (1990). A Review of Learning Behavior in Horses and its Application in Horse Training. *J. Anim. Sci.* 68, 75–81.

McCall, C. A. (2007). Making equine learning research applicable to training procedures. *Behav. Processes* 76, 27–28. doi:10.1016/j.beproc.2006.12.008.

McCall, C. A., Hall, S., McElhenney, W. H., and Cummins, K. A. (2006). Evaluation and comparison of four methods of ranking horses based on reactivity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 115–127. doi:10.1016/j.applanim.2005.04.021.

McDonnell, S. M. (2000). How to Rehabilitate Horses with Injection Shyness (Or Any Procedure Non-Compliance). in American Association of Equine Practitioners. (AAEP), 168–172.

McDonnell, S. M., and Haviland, J. C. S. (1995). Agonistic ethogram of the equid bachelor band. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43, 147–188. doi:10.1016/0168-1591(94)00550-X.

McDonnell, S. M., and Poulin, A. (2002). Equid play ethogram. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 263–290. doi:10.1016/S0168-1591(02)00112-0.

McDowd, J. M., and Craik, F. I. (1988). Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 14, 267–280. doi:10.1037/0096-1523.14.2.267.

Mcfarland, D. (2006). *A Dictionary of Animal Behaviour*. Oxford University Press.

McGaughy, J., and Sarter, M. (1995). Behavioral vigilance in rats: task validation and effects of age, amphetamine, and benzodiazepine receptor ligands. *Psychopharmacology (Berl.)* 117, 340–357. doi:10.1007/BF02246109.

McGreevy, P.D., Mc Lean, A., 2005. Behavioural problems with the ridden horse. In: Mills DS, McDonnell SM, eds. The Domestic Horse. Cambridge: Cambridge University Press. Pp 196–211.

McGreevy, P. D., and McLean, A. N. (2011). *Equitation Science*. John Wiley & Sons.

Mcgreevy, P., Cripps, P., French, N., Green, L., and Nicol, C. (1995). Management Factors Associated with Stereotypic and Redirected Behavior. *Equine Vet. J.* 27, 86–91.

McGreevy, P., French, N., and Nicol, C. (1995). The prevalence of abnormal behaviours in dressage, eventing and endurance horses in relation to stabling. *Vet. Rec.* 137, 36–37. doi:10.1136/vr.137.2.36.

McKinley, J., and Sambrook, T. D. (2000). Use of human-given cues by domestic dogs (*Canis familiaris*) and horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 3, 13–22. doi:10.1007/s100710050046.

McLaughlin, P. M., Szostak, C., Binns, M. A., Craik, F. I. M., Tipper, S. P., and Stuss, D. T. (2010). The effects of age and task demands on visual selective attention. *Can. J. Exp. Psychol. Can. Psychol. Expérimentale* 64, 197–207. doi:10.1037/a0020650.

Meagher, R. K. (2009). Observer ratings: Validity and value as a tool for animal welfare research. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 119, 1–14. doi:10.1016/j.applanim.2009.02.026.

Mekarski, J. E., Cutmore, T. R. H., and Suboski, W. (1996). Gender differences during processing of the stroop task. *Percept. Mot. Skills* 83, 563–568. doi:10.2466/pms.1996.83.2.563.

Melchior, M., Caspi, A., Milne, B. J., Danese, A., Poulton, R., and Moffitt, T. E. (2007). Work stress precipitates depression and anxiety in young, working women and men. *Psychol. Med.* 37, 1119–1129. doi:10.1017/S0033291707000414.

Mendl, M. (1999). Performing under pressure: stress and cognitive function. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 221–244. doi:10.1016/S0168-1591(99)00088-X.

Mendl, M., Burman, O. H. P., Parker, R. M. A., and Paul, E. S. (2009). Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: Emerging evidence and underlying mechanisms. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 161–181. doi:10.1016/j.applanim.2009.02.023.

Merritt, P., Hirshman, E., Wharton, W., Stangl, B., Devlin, J., and Lenz, A. (2007). Evidence for gender differences in visual selective attention. *Personal. Individ. Differ.* 43, 597–609. doi:10.1016/j.paid.2007.01.016.

Micheletta, J., and Waller, B. M. (2012). Friendship affects gaze following in a tolerant species of macaque, *Macaca nigra*. *Anim. Behav.* 83, 459–467.

doi:10.1016/j.anbehav.2011.11.018.

Miklósi, Á. (1999). The ethological analysis of imitation. *Biol. Rev.* 74, 347–374. doi:10.1111/j.1469-185X.1999.tb00190.x.

Miklósi, Á., and Soproni, K. (2006). A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Anim. Cogn.* 9, 81–93. doi:10.1007/s10071-005-0008-1.

Miklösi, Á., Polgárdi, R., Topál, J., and Csányi, V. (1998). Use of experimenter-given cues in dogs. *Anim. Cogn.* 1, 113–121. doi:10.1007/s100710050016.

Miklósi, Á., Pongrácz, P., Lakatos, G., Topál, J., and Csányi, V. (2005). A Comparative Study of the Use of Visual Communicative Signals in Interactions Between Dogs (*Canis familiaris*) and Humans and Cats (*Felis catus*) and Humans. *J. Comp. Psychol.* 119, 179–186. doi:10.1037/0735-7036.119.2.179.

Milinski, M., and Bakker, T. C. M. (1990). Female sticklebacks use male coloration in mate choice and hence avoid parasitized males. *Nature* 344, 330–333. doi:10.1038/344330a0.

Mills, D. S. (1998). Personality and individual differences in the horse, their significance, use and measurement. *Equine Vet. J.* 30, 10–13. doi:10.1111/j.2042-3306.1998.tb05137.x.

Mills, D. S., and McDonnell, S. M. (2005). *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of its Behaviour*. Cambridge University Press.

Mineka, S., Davidson, M., Cook, M., and Keir, R. (1984). Observational conditioning of snake fear in rhesus monkeys. *J. Abnorm. Psychol.* 93, 355–372. doi:10.1037/0021-843X.93.4.355.

Mocan, O., Stanciu, O., and Visu-Petra, L. (2014). Relating individual differences in internalizing symptoms to emotional attention set-shifting in children. *Anxiety Stress Coping* 27, 509–526.

Moe, R. O., Nordgreen, J., Janczak, A. M., Bakken, M., Spruijt, B. M., and Jensen, P. (2014). Anticipatory and foraging behaviors in response to palatable food reward in chickens: Effects of dopamine D2 receptor blockade and domestication. *Physiol. Behav.* 133, 170–177. doi:10.1016/j.physbeh.2014.05.023.

Mogg, K., and Bradley, B. P. (1998). A cognitive-motivational analysis of anxiety. *Behav. Res. Ther.* 36, 809–848. doi:10.1016/S0005-7967(98)00063-1.

Mogg, K., Bradley, B. P., and Williams, R. (1995). Attentional bias in anxiety and depression: The role of awareness. *Br. J. Clin. Psychol.* 34, 17–36. doi:10.1111/j.2044-8260.1995.tb01434.x.

Moller, A. P., and Pomiankowski, A. (1993). Why have birds got multiple sexual ornaments? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 32, 167–176. doi:10.1007/BF00173774.

Momozawa, Y., Kusunose, R., Kikusui, T., Takeuchi, Y., and Mori, Y. (2005). Assessment of equine temperament questionnaire by comparing factor structure between two separate surveys. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92, 77–84. doi:10.1016/j.applanim.2004.11.006.

Momozawa, Y., Ono, T., Sato, F., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Mori, Y., and Kusunose, R. (2003). Assessment of equine temperament by a questionnaire survey to caretakers and evaluation of its reliability by simultaneous behavior test. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 127–138. doi:10.1016/j.applanim.2003.08.001.

Monard, A.-M., and Duncan, P. (1996). Consequences of natal dispersal in female horses. *Anim. Behav.* 52, 565–579. doi:10.1006/anbe.1996.0198.

Mongillo, P., Bono, G., Regolin, L., and Marinelli, L. (2010). Selective attention to humans in companion dogs, *Canis familiaris*. *Anim. Behav.* 80, 1057–1063. doi:10.1016/j.anbehav.2010.09.014.

Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Q. J. Exp. Psychol. 0033-555X* 11, 56.

Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., van Reenen, C. G., et al. (2007). Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol. Behav.* 92, 317–339. doi:10.1016/j.physbeh.2006.12.003.

Morris, P. H., Gale, A., and Duffy, K. (2002). Can judges agree on the personality of horses? *Personal. Individ. Differ.* 33, 67–81. doi:10.1016/S0191-8869(01)00136-2.

Morris, S. B., Daisley, R. L., Wheeler, M., and Boyer, P. (2015). A meta-analysis of the relationship between individual assessments and job performance. *J. Appl. Psychol.* 100, 5–20. doi:10.1037/a0036938.

Muir, J. L. (1996). Attention and stimulus processing in the rat. *Cogn. Brain Res.* 3, 215–225. doi:10.1016/0926-6410(96)00008-0.

Muir, J. L., Dunnett, S. B., Robbins, T. W., and Everitt, B. J. (1992). Attentional functions of the forebrain cholinergic systems: effects of intraventricular hemicholinium, physostigmine, basal forebrain lesions and intracortical grafts on a multiple-choice serial reaction time task. *Exp. Brain Res.* 89, 611–622. doi:10.1007/BF00229886.

Mulcahy, N. J., and Call, J. (2009). The performance of bonobos (*Pan paniscus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and orangutans (*Pongo pygmaeus*) in two versions of an object-choice task. *J. Comp. Psychol.* 123, 304–309. doi:10.1037/a0016222.

Murphy, J., and Arkins, S. (2007). Equine learning behaviour. *Behav. Processes* 76, 1–13. doi:10.1016/j.beproc.2006.06.009.

Murphy, J., Waldmann, T., and Arkins, S. (2004). Sex differences in equine learning skills and visuo-spatial ability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 119–130. doi:10.1016/j.applanim.2003.12.002.

Nagy, K., Bodó, G., Bárdos, G., Bánszky, N., and Kabai, P. (2010). Differences in temperament traits between crib-biting and control horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 122, 41–47. doi:10.1016/j.applanim.2009.11.005.

Navon, D., and Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychol. Rev.* 86, 214–255. doi:10.1037/0033-295X.86.3.214.

Navon, D., and Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual-task interference. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 13, 435–448. doi:10.1037/0096-1523.13.3.435.

Nawroth, C., Ebersbach, M., and von Borell, E. (2013). Are juvenile domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) sensitive to the attentive states of humans?—The impact of impulsivity on choice behaviour. *Behav. Processes* 96, 53–58. doi:10.1016/j.beproc.2013.03.002.

Nebel, K., Wiese, H., Stude, P., de Greiff, A., Diener, H.-C., and Keidel, M. (2005). On the neural basis of focused and divided attention. *Cogn. Brain Res.* 25, 760–776. doi:10.1016/j.cogbrainres.2005.09.011.

Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. East Norwalk, CT, US: Appleton-Century-Crofts.

Nemeth, M., Millesi, E., Wagner, K.-H., and Wallner, B. (2014). Effects of Diets High in Unsaturated Fatty Acids on Socially Induced Stress Responses in Guinea Pigs. *PLoS ONE* 9, 1–21. doi:10.1371/journal.pone.0116292.

Nicol, C. J. (1996). Farm animal cognition. *Anim. Sci.* 62, 375–391. doi:10.1017/S1357729800014934.

Nicol, C. J. (2002). Equine learning: progress and suggestions for future research. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 193–208. doi:10.1016/S0168-1591(02)00093-X.

Nicol, C. J. (2004). Development, direction, and damage limitation: Social learning in domestic fowl. *Anim. Learn. Behav.* 32, 72–81. doi:10.3758/BF03196008.

Nicol, C. J. (2005). Learning abilities in the horse. , *In:* D. S. Mills and S. M. McDonnell (eds) The domestic horse. The evolution, development and management of its behavior. Cambridge University Press.pp 169-183

Nicol, C. J., Badnell-Waters, A. J., Bice, R., Kelland, A., Wilson, A. D., and Harris, P. A. (2005). The effects of diet and weaning method on the behaviour of young horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 95, 205–221. doi:10.1016/j.applanim.2005.05.004.

Nicol, C. J., Davidson, H. P. D., Harris, P. A., Waters, A. J., and Wilson, A. D. (2002). Study of crib-biting and gastric inflammation and ulceration in young horses. *Vet. Rec.* 151, 658–662. doi:10.1136/vr.151.22.658.

Ninomiya, S., and Sato, S. (2011). The assessment of the effect of presenting a companion's face picture on social isolation stress using saliva sampling in cows. *Anim. Sci. J.* 82, 787–791. doi:10.1111/j.1740-0929.2011.00896.x.

Ninomiya, S., Kusunose, R., Sato, S., Terada, M., and Sugawara, K. (2004). Effects of feeding methods on eating frustration in stabled horses. *Anim. Sci. J.* 75, 465–469. doi:10.1111/j.1740-0929.2004.00214.x.

Ninomiya, S., Sato, S., Kusunose, R., Mitumasu, T., and Obara, Y. (2007). A note on a behavioural indicator of satisfaction in stabled horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106, 184–189. doi:10.1016/j.applanim.2006.06.011.

Noble, G. K., Blackshaw, K. L., Cowling, A., Harris, P. A., and Sillence, M. N. (2013). An objective measure of reactive behaviour in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144, 121–129. doi:10.1016/j.applanim.2012.12.009.

Normando, S., Meers, L., Samuels, W. E., Faustini, M., and Ödberg, F. O. (2011). Variables affecting the prevalence of behavioural problems in horses. Can riding style and other management factors be significant? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 186–198. doi:10.1016/j.applanim.2011.06.012.

Nunez, P. L., and Srinivasan, R. (2006). A theoretical basis for standing and traveling brain waves measured with human EEG with implications for an integrated consciousness. *Clin. Neurophysiol. Off. J. Int. Fed. Clin. Neurophysiol.* 117, 2424–2435. doi:10.1016/j.clinph.2006.06.754.

Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Whitehouse, A. J. O., Foster, J. K., and Oddy, W. H. (2013). Diet in the early years of life influences cognitive outcomes at 10 years: a prospective cohort study. *Acta Paediatr. Oslo Nor. 1992* 102, 1165–1173. doi:10.1111/apa.12363.

Ödberg, F. O. (1978). A Study of the Hearing Ability of Horses. *Equine Vet. J.* 10, 82–84.

doi:10.1111/j.2042-3306.1978.tb02225.x.

Oken, B. S., Salinsky, M. C., and Elsas, S. M. (2006). Vigilance, alertness, or sustained attention: physiological basis and measurement. *Clin. Neurophysiol.* 117, 1885–1901. doi:10.1016/j.clinph.2006.01.017.

Ollivier, F. J., Samuelson, D. A., Brooks, D. E., Lewis, P. A., Kallberg, M. E., and Komáromy, A. M. (2004). Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). *Vet. Ophthalmol.* 7, 11–22. doi:10.1111/j.1463-5224.2004.00318.x.

Ortega, R. M., Requejo, A. M., Andrés, P., López-Sobaler, A. M., Quintas, M. E., Redondo, M. R., Navia, B., and Rivas, T. (1997). Dietary intake and cognitive function in a group of elderly people. *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 803–809.

Overmier, J. B., and Seligman, M. E. (1967). Effects of Inescapable Shock Upon Subsequent Escape and Avoidance Responding. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 63, 28–33. doi:10.1037/h0024166.

Paelecke-Habermann, Y., Pohl, J., and Leplow, B. (2005). Attention and executive functions in remitted major depression patients. *J. Affect. Disord.* 89, 125–135. doi:10.1016/j.jad.2005.09.006.

Pang, T. Y. C., and Hannan, A. J. (2013). Enhancement of cognitive function in models of brain disease through environmental enrichment and physical activity. *Neuropharmacology* 64, 515–528. doi:10.1016/j.neuropharm.2012.06.029.

Panksepp, J. (1994). "Evolution constructed the potential for subjective experience within the neurodynamics of the mammalian brain.," in *The nature of emotion: Fundamental questions.*, eds. P. Ekman and R. Davidson (New York: Oxford University Press).

Pannozzo, P. L., Phillips, K. A., Haas, M. E., and Mintz, E. M. (2007). Social Monitoring Reflects Dominance Relationships in a Small Captive Group of Brown Capuchin Monkeys (*Cebus apella*). *Ethology* 113, 881–888. doi:10.1111/j.1439-0310.2007.01392.x.

Parasuraman, R. (1998). *The attentive brain*. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Parasuraman, R., Greenwood, P. M., Haxby, J. V., and Grady, C. L. (1992). Visuospatial Attention in Dementia of the Alzheimer Type. *Brain* 115, 711–733. doi:10.1093/brain/115.3.711.

Parasuraman, R., Warm, J. S., and See, J. E. (1998). "Brain systems of vigilance," in *The attentive brain* (Cambridge, MA, US: The MIT Press), 221–256.

Parker, M., Goodwin, D., and Redhead, E. S. (2008). Survey of breeders' management of horses in Europe, North America and Australia: Comparison of factors associated with the development of abnormal behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 206–215. doi:10.1016/j.applanim.2008.02.003.

Partan, S. R., Larco, C. P., and Owens, M. J. (2009). Wild tree squirrels respond with multisensory enhancement to conspecific robot alarm behaviour. *Anim. Behav.* 77, 1127–1135. doi:10.1016/j.anbehav.2008.12.029.

Pashler, H. E. (1997). *The psychology of attention*. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Paul, E. S., Harding, E. J., and Mendl, M. (2005). Measuring emotional processes in animals: the utility of a cognitive approach. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 29, 469–491. doi:10.1016/j.neubiorev.2005.01.002.

Pavlov, I.P., 1904. The physiology of digestion. Nobel lecture. Elsevier, Amsterdam, pp 141-155.

Pays, O., Benhamou, S., Helder, R., and Gerard, J.-F. (2007). The dynamics of group formation in large mammalian herbivores: an analysis in the European roe deer. *Anim. Behav.* 74, 1429–1441. doi:10.1016/j.anbehav.2007.02.012.

Pearce, J. M., and Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychol. Rev.* 87, 532–552. doi:10.1037/0033-295X.87.6.532.

Pepperberg, I. M. (1985). Social Modeling Theory: A Possible Framework for Understanding Avian Vocal Learning. *The Auk* 102, 854–864.

Peters, S. M., Bleijenberg, E. H., van Dierendonck, M. C., van der Harst, J. E., and Spruijt, B. M. (2012). Characterization of anticipatory behaviour in domesticated horses (*Equus caballus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138, 60–69. doi:10.1016/j.applanim.2012.01.018.

Petersen, S. E., Robinson, D. L., and Keys, W. (1985). Pulvinar nuclei of the behaving rhesus monkey: visual responses and their modulation. *J. Neurophysiol.* 54, 867–886.

Peterson, M. S., Kramer, A. F., and Irwin, D. E. (2004). Covert shifts of attention precede involuntary eye movements. *Percept. Psychophys.* 66, 398–405.

Petry, N. M. (2005). *Pathological gambling: Etiology, comorbidity, and treatment*. Washington, DC, US: American Psychological Association. 417p

Phelps, E. A., Ling, S., and Carrasco, M. (2006). Emotion Facilitates Perception and Potentiates the Perceptual Benefits of Attention. *Psychol. Sci.* 17, 292–299. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01701.x.

Pietrewicz, A. T., and Kamil, A. C. (1979). Search Image Formation in the Blue Jay (*Cyanocitta cristata*). *Science* 204, 1332–1333. doi:10.1126/science.204.4399.1332.

Podberscek, A. L., Blackshaw, J. K., and Beattie, A. W. (1991). The behaviour of laboratory colony cats and their reactions to a familiar and unfamiliar person. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31, 119–130. doi:10.1016/0168-1591(91)90159-U.

Poirier, C., Henry, L., Mathelier, M., Lumineau, S., Cousillas, H., and Hausberger, M. (2004). Direct Social Contacts Override Auditory Information in the Song-Learning Process in Starlings (*Sturnus vulgaris*). *J. Comp. Psychol.* 118, 179–193. doi:10.1037/0735-7036.118.2.179.

Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Oxford, England: Lawrence Erlbaum.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Q. J. Exp. Psychol.* 32, 3–25. doi:10.1080/00335558008248231.

Posner, M. I. (2012). *Cognitive neuroscience of attention*. New York: Guilford Press.

Posner, M. I., and Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annu. Rev. Neurosci.* 13, 25–42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325.

Posner, M. I., and Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York, NY, US: Scientific American Library/Scientific American Books.

Posner, M. I., and Rothbart, M. K. (1998). Attention, self–regulation and consciousness. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 353, 1915–1927.

doi:10.1098/rstb.1998.0344.

Posner, M. I., Cohen, Y., and Rafal, R. D. (1982). Neural Systems Control of Spatial Orienting. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 298, 187–198. doi:10.1098/rstb.1982.0081.

Posner, M. I., Snyder, C. R., and Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *J. Exp. Psychol. Gen.* 109, 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160.

Posner, M., and Cohen, Y. (1984). Components of Visual Orienting. *Atten. Perform.* 10, 531–556.

Povinelli, D. J., and Eddy, T. J. (1996). Chimpanzees: Joint Visual Attention. *Psychol. Sci.* 7, 129–135. doi:10.1111/j.1467-9280.1996.tb00345.x.

Pozuelos, J. P., Paz-Alonso, P. M., Castillo, A., Fuentes, L. J., and Rueda, M. R. (2014). Development of attention networks and their interactions in childhood. *Dev. Psychol.* 50, 2405–2415. doi:10.1037/a0037469.

Price, E. O. (1999). Behavioral development in animals undergoing domestication. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 245–271. doi:10.1016/S0168-1591(99)00087-8.

Pritchard, J. C., Lindberg, A. C., Main, D. C. J., and Whay, H. R. (2005). Assessment of the welfare of working horses, mules and donkeys, using health and behaviour parameters. *Prev. Vet. Med.* 69, 265–283. doi:10.1016/j.prevetmed.2005.02.002.

Pritchett, L. C., Ulibarri, C., Roberts, M. C., Schneider, R. K., and Sellon, D. C. (2003). Identification of potential physiological and behavioral indicators of postoperative pain in horses after exploratory celiotomy for colic. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80, 31–43. doi:10.1016/S0168-1591(02)00205-8.

Proops, L., and McComb, K. (2010). Attributing attention: the use of human-given cues by domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 13, 197–205. doi:10.1007/s10071-009-0257-5.

Proops, L., and McComb, K. (2012). Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*) extends to familiar humans. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 279, 3131–3138. doi:10.1098/rspb.2012.0626.

Proops, L., McComb, K., and Reby, D. (2009). Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 947–951. doi:10.1073/pnas.0809127105.

Proops, L., Rayner, J., Taylor, A. M., and McComb, K. (2013). The Responses of Young Domestic Horses to Human-Given Cues. *PLoS ONE* 8, e67000. doi:10.1371/journal.pone.0067000.

Pulliam, H. R. (1973). On the advantages of flocking. *J. Theor. Biol.* 38, 419–422.

Quenette, P.-Y. (1990). Functions of vigilance behaviour in mammals : a review . *Acta Oecol 1990* 11, 801–818.

Raabymagle, P., and Ladewig, J. (2006). Lying behavior in horses in relation to box size. *J. Equine Vet. Sci.* 26, 11–17. doi:10.1016/j.jevs.2005.11.015.

Ramaswamy, N. S. (1998). Draught animal welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 59, 73–84. doi:10.1016/S0168-1591(98)00122-1.

Randall, J. G., Oswald, F. L., and Beier, M. E. (2014). Mind-wandering, cognition, and performance: A theory-driven meta-analysis of attention regulation. *Psychol. Bull.*

140, 1411–1431. doi:10.1037/a0037428.

Randall, R. P., and Church, D. C. (1978). Response of horses to sweet, salty, sour and bitter solutions Taste reaction. *J. Anim. Sci.* 47, 51-55

Range, F., and Huber, L. (2007). Attention in common marmosets: implications for social-learning experiments. *Anim. Behav.* 73, 1033–1041. doi:10.1016/j.anbehav.2006.07.015.

Range, F., and Noë, R. (2005). Can simple rules account for the pattern of triadic interactions in juvenile and adult female sooty mangabeys? *Anim. Behav.* 69, 445–452. doi:10.1016/j.anbehav.2004.02.025.

Range, F., and Virányi, Z. fia (2011). Development of Gaze Following Abilities in Wolves (*Canis Lupus*). *PLoS ONE* 6, 1–9. doi:10.1371/journal.pone.0016888.

Range, F., Bugnyar, T., Schlögl, C., and Kotrschal, K. (2006). Individual and sex differences in learning abilities of ravens. *Behav. Processes* 73, 100–106. doi:10.1016/j.beproc.2006.04.002.

Range, F., Horn, L., Bugnyar, T., Gajdon, G. K., and Huber, L. (2009). Social attention in keas, dogs, and human children. *Anim. Cogn.* 12, 181–192. doi:10.1007/s10071-008-0181-0.

Rapin, V., Poncet, P. A., Burger, D., Mermod, C., Hausberger, M., Richard, M. A. (2007). Mesure de la durée d'attention chez le cheval. *Schweiz. Arch. Für Tierheilkd.* 149, 77–83. doi:10.1024/0036-7281.149.2.77.

Ray, S., Niebur, E., Hsiao, S. S., Sinai, A., and Crone, N. E. (2008). High-frequency gamma activity (80–150 Hz) is increased in human cortex during selective attention. *Clin. Neurophysiol.* 119, 116–133. doi:10.1016/j.clinph.2007.09.136.

Raymond, J. (2009). "Interactions of attention, emotion and motivation," in *Progress in Brain Research*, ed. Narayanan Srinivasan (Elsevier), 293–308.

Real, L. A. (1992). Information Processing and the Evolutionary Ecology of Cognitive Architecture. *Am. Nat.* 140, S108–S145.

Reale, L., Guarnera, M., and Mazzone, L. (2014). The effects of sleep disturbance on school performance: A preliminary investigation of children attending elementary grades. *Sch. Psychol. Int.* 35, 398–404. doi:10.1177/0143034313485850.

Redbo, I., Redbo-Torstensson, P., Ödberg, F. O., Hedendahl, A., and Holm, J. (1998). Factors affecting behavioural disturbances in race-horses. *Anim. Sci.* 66, 475–481. doi:10.1017/S1357729800009644.

Reefmann, N., Bütikofer Kaszàs, F., Wechsler, B., and Gygax, L. (2009). Ear and tail postures as indicators of emotional valence in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 199–207. doi:10.1016/j.applanim.2009.02.013.

Regolin, L., Vallortigara, G., and Zanforlin, M. (1995). Detour behaviour in the domestic chick: searching for a disappearing prey or a disappearing social partner. *Anim. Behav.* 50, 203–211. doi:10.1006/anbe.1995.0232.

Reid, P. J. (2009). Adapting to the human world: Dogs' responsiveness to our social cues. *Behav. Processes* 80, 325–333. doi:10.1016/j.beproc.2008.11.002.

Reinhardt, V. (1991). Training adult male rhesus monkeys to actively cooperate during in-homecage venipuncture. *Anim. Technol.*

Reynolds, R. E. (1992). Selective attention and prose learning: Theoretical and empirical research. *Educ. Psychol. Rev.* 4, 345–391. doi:10.1007/BF01332144.

Ribot, T. (1889). *Psychologie de l'attention*. F. Alcan (Paris)

Ricard, A. (2004). Heritability of jumping ability and height of pony breeds in France. *Livest. Prod. Sci.* 89, 243–251. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.01.006.

Ricard, A., and Chanu, I. (2001). Genetic parameters of eventing horse competition in France. *Genet. Sel. Evol. GSE* 33, 175–190. doi:10.1186/1297-9686-33-2-175.

Richards, J. E. (1989). Development and Stability in Visual Sustained Attention in 14, 20, and 26 Week Old Infants. *Psychophysiology* 26, 422–430. doi:10.1111/j.1469-8986.1989.tb01944.x.

Rietveld, M. j. h., Hudziak, J. j., Bartels, M., van Beijsterveldt, C. e. m., and Boomsma, D. i. (2004). Heritability of attention problems in children: longitudinal results from a study of twins, age 3 to 12. *J. Child Psychol. Psychiatry* 45, 577–588. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00247.x.

Rivera, E., Benjamin, S., Nielsen, B., Shelle, J., and Zanella, A. J. (2002). Behavioral and physiological responses of horses to initial training: the comparison between pastured versus stalled horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 235–252. doi:10.1016/S0168-1591(02)00091-6.

Robbins, T. (2002). The 5-choice serial reaction time task: behavioural pharmacology and functional neurochemistry. *Psychopharmacology (Berl.)* 163, 362–380. doi:10.1007/s00213-002-1154-7.

Roberts, S. (1992). Equine Vision and Optics. *Vet. Clin. N. Am.-Equine Pract.* 8, 451–457.

Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., and Yiend, J. (1997). `Oops!': Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia* 35, 747–758. doi:10.1016/S0028-3932(97)00015-8.

Rochais, C., Henry, S., Sankey, C., Nassur, F., Góracka-Bruzda, A., and Hausberger, M. (2014). Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (*Equus caballus*). *Front. Psychol.* 5, 108. doi:10.3389/fpsyg.2014.00108.

Roche, E. A., and Brown, C. R. (2013). Among-Individual Variation in Vigilance at the Nest in Colonial Cliff Swallows. *Wilson J. Ornithol.* 125, 685–695.

Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J.-P., Martinerie, J., Renault, B., and Varela, F. J. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity. *Nature* 397, 430–433. doi:10.1038/17120.

Rosati, A. G., and Hare, B. (2009). Looking past the model species: diversity in gaze-following skills across primates. *Curr. Opin. Neurobiol.* 19, 45–51. doi:10.1016/j.conb.2009.03.002.

Rothbart, M. K. (1989). "Temperament in childhood: A framework," in *Temperament in childhood.*, eds. G. A. Kohnstamm, J. E. Bates, and M. K. Rothbart (Oxford, England: John Wiley & Sons), 59–73.

Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., and Evans, D. E. (2000). Temperament and personality: Origins and outcomes. *J. Pers. Soc. Psychol.* 78, 122–135. doi:10.1037/0022-3514.78.1.122.

Rothbart, M. K., and Derryberry, D. (1981). Development of individual differences in temperament. *Adv. Dev. Psychol.* Available at: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302064297 [Accessed December 17, 2014].

Ruff, H. A., Lawson, K. R., Parrinello, R., and Weissberg, R. (1990). Long-term stability of individual differences in sustained attention in the early years. *Child Dev.* 61, 60–75.

Rutberg, A. T., and Keiper, R. R. (1993). Proximate causes of natal dispersal in feral ponies: some sex differences. *Anim. Behav.* 46, 969–975. doi:10.1006/anbe.1993.1278.

Sales, G. D., Wilson, K. J., Spencer, K. E. V., and Milligan, S. R. (1988). Environmental ultrasound in laboratories and animal houses: a possible cause for concern in the welfare and use of. *Lab. Anim.* 22, 369–375. doi:10.1258/002367788780746188.

Salter, R. E., and Hudson, R. J. (1979). Feeding Ecology of Feral Horses in Western Alberta. *J. Range Manag.* 32, 221. doi:10.2307/3897127.

Salter, R. E., and Hudson, R. J. (1982). Social organization of feral horses in western Canada. *Appl. Anim. Ethol.* 8, 207–223. doi:10.1016/0304-3762(82)90205-X.

Sandson, J., and Albert, M. L. (1984). Varieties of perseveration. *Neuropsychologia* 22, 715–732.

Sankey, C., Henry, S., André, N., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2011). Do Horses Have a Concept of Person? *PLoS ONE* 6, e18331. doi:10.1371/journal.pone.0018331.

Sankey, C., Henry, S., Górecka-Bruzda, A., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2010a). The Way to a Man's Heart Is through His Stomach: What about Horses? *PLoS ONE* 5, e15446. doi:10.1371/journal.pone.0015446.

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Henry, S., Fureix, C., Nassur, F., and Hausberger, M. (2010b). Reinforcement as a mediator of the perception of humans by horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 13, 753–764. doi:10.1007/s10071-010-0326-9.

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Leroy, H., Henry, S., and Hausberger, M. (2010c). Positive interactions lead to lasting positive memories in horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* 79, 869–875. doi:10.1016/j.anbehav.2009.12.037.

Sappington, B. K. F., McCall, C. A., Coleman, D. A., Kuhlers, D. L., and Lishak, R. S. (1997). A preliminary study of the relationship between discrimination reversal learning and performance tasks in yearling and 2-year-old horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 157–166. doi:10.1016/S0168-1591(96)01157-4.

Sarter, M., and McGaughy, J. (1998). Assessment of sustained and divided attention in rats: aspects of validity. *Psychopharmacology (Berl.)* 138, 260–262. doi:10.1007/s002130050669.

Sarter, M., Givens, B., and Bruno, J. P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain Res. Rev.* 35, 146–160. doi:10.1016/S0165-0173(01)00044-3.

Saslow, C. A. (2002). Understanding the perceptual world of horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 209–224. doi:10.1016/S0168-1591(02)00092-8.

Sato S. (1981). Factors associated with temperament of beef cattle. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 52, 595-605(8).

Scheid, C., and Noë, R. (2010). The performance of rooks in a cooperative task depends on their temperament. *Anim. Cogn.* 13, 545–553. doi:10.1007/s10071-009-0305-1.

Scheid, C., Range, F., and Bugnyar, T. (2007). When, what, and whom to watch? Quantifying attention in ravens (*Corvus corax*) and jackdaws (*Corvus monedula*). *J. Comp. Psychol.* 121, 380–386. doi:10.1037/0735-7036.121.4.380.

Schloegl, C., Kotrschal, K., and Bugnyar, T. (2008). Do common ravens (*Corvus corax*) rely on human or conspecific gaze cues to detect hidden food? *Anim. Cogn.* 11, 231–241. doi:10.1007/s10071-007-0105-4.

Schrijver, N. C., and Würbel, H. (2001). Early social deprivation disrupts attentional, but not affective, shifts in rats. *Behav. Neurosci.* 115, 437–442. doi:10.1037/0735-7044.115.2.437.

Schumacher, E. H., Seymour, T. L., Glass, J. M., Fencsik, D. E., Lauber, E. J., Kieras, D. E., and Meyer, D. E. (2001). Virtually Perfect Time Sharing in Dual-Task Performance: Uncorking the Central Cognitive Bottleneck. *Psychol. Sci.* 12, 101–108. doi:10.1111/1467-9280.00318.

Schwab, C., and Huber, L. (2006). Obey or Not Obey? Dogs (*Canis familiaris*) Behave Differently in Response to Attentional States of Their Owners. *J. Comp. Psychol.* 120, 169–175. doi:10.1037/0735-7036.120.3.169.

Seli, P., Cheyne, J. A., Barton, K. R., and Smilek, D. (2012). Consistency of sustained attention across modalities: Comparing visual and auditory versions of the SART. *Can. J. Exp. Psychol. Can. Psychol. Expérimentale* 66, 44–50. doi:10.1037/a0025111.

Senju, A., and Hasegawa, T. (2005). Direct gaze captures visuospatial attention. *Vis. Cogn.* 12, 127–144. doi:10.1080/13506280444000157.

Sherry, D., and Duff, S. (1996). Behavioural and neural bases of orientation in food-storing birds. *J. Exp. Biol.* 199, 165–172.

Shettleworth, S. J. (1990). Spatial Memory in Food-Storing Birds. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 329, 143–151. doi:10.1098/rstb.1990.0159.

Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, evolution, and behavior*. New York : Oxford University Press.

Shively, C. A., Register, T. C., Friedman, D. P., Morgan, T. M., Thompson, J., and Lanier, T. (2005). Social stress-associated depression in adult female cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). *Biol. Psychol.* 69, 67–84. doi:10.1016/j.biopsycho.2004.11.006.

Shumake, J., Furgeson-Moreira, S., and Monfils, M. H. (2014). Predictability and heritability of individual differences in fear learning. *Anim. Cogn.* 17, 1207–1221. doi:10.1007/s10071-014-0752-1.

Siegel, S., and Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill.

Silk, J. B., Altmann, J., and Alberts, S. C. (2006). Social relationships among adult female baboons (*Papio cynocephalus*) I. Variation in the strength of social bonds. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61, 183–195. doi:10.1007/s00265-006-0249-2.

Singer, R. N., Cauraugh, J. H., Keith, L., Murphey, M., and et al (1991). Attention and distractors: Considerations for enhancing sport performances. *Int. J. Sport Psychol.* 22, 95–114.

Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis*. Oxford, England:

Appleton-Century.

Smilek, D., Birmingham, E., Cameron, D., Bischof, W., and Kingstone, A. (2006). Cognitive Ethology and exploring attention in real-world scenes. *Brain Res.* 1080, 101–119. doi:10.1016/j.brainres.2005.12.090.

Smith, D. T. W., Ingram, R. E., and Roth, D. L. (1985). Self-focused attention and depression: Self-evaluation, affect, and life stress. *Motiv. Emot.* 9, 381–389. doi:10.1007/BF00992207.

Smith, T. W., and Greenberg, J. (1981). Depression and self-focused attention. *Motiv. Emot.* 5, 323–331. doi:10.1007/BF00992551.

Snigdha, S., Christie, L.-A., Rivera, C. D., Araujo, J. A., Milgram, N. W., and Cotman, C. W. (2012). Age and distraction are determinants of performance on a novel visual search task in aged Beagle dogs. *AGE* 34, 67–73. doi:10.1007/s11357-011-9219-3.

Sohlberg, M. M., and Mateer, C. A. (2001). Improving Attention and Managing Attentional Problems. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 931, 359–375. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb05790.x.

Solomon, P. R., Crider, A., W, J., Turi, A., M, R., and J, L. (1981). Disrupted latent inhibition in the rat with chronic amphetamine or haloperidol-induced supersensitivity: Relationship to schizophrenic attention disorder. *Biol. Psychiatry* 16, 519–537.

Søndergaard, E., and Halekoh, U. (2003). Young horses' reactions to humans in relation to handling and social environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 265–280. doi:10.1016/j.applanim.2003.08.011.

Søndergaard, E., and Ladewig, J. (2004). Group housing exerts a positive effect on the behaviour of young horses during training. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 105–118. doi:10.1016/j.applanim.2003.12.010.

Søndergaard, E., Jensen, M. B., and Nicol, C. J. (2011). Motivation for social contact in horses measured by operant conditioning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 132, 131–137. doi:10.1016/j.applanim.2011.04.007.

Spruijt, B. M., van den Bos, R., and Pijlman, F. T. A. (2001). A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 72, 145–171. doi:10.1016/S0168-1591(00)00204-5.

Staub, B., Doignon-Camus, N., Bacon, É., and Bonnefond, A. (2014). The effects of aging on sustained attention ability: An ERP study. *Psychol. Aging* 29, 684–695. doi:10.1037/a0037067.

Steckler, T., and Muir, J. L. (1996). Measurement of cognitive function: relating rodent performance with human minds. *Cogn. Brain Res.* 3, 299–308. doi:10.1016/0926-6410(96)00015-8.

Stevens, S. E., Sonuga-Barke, E. J. S., Kreppner, J. M., Beckett, C., Castle, J., Colvert, E., Groothues, C., Hawkins, A., and Rutter, M. (2008). Inattention/overactivity following early severe institutional deprivation: presentation and associations in early adolescence. *J. Abnorm. Child Psychol.* 36, 385–398.

Stifter, C. A., Spinrad, T., and Braungart-Rieker, J. (1999). Toward a Developmental Model of Child Compliance: The Role of Emotion Regulation in Infancy. *Child Dev.* 70, 21–32. doi:10.1111/1467-8624.00003.

Stormark, K. M., and Hugdahl, K. (1997). Conditioned emotional cueing of spatial attentional shifts in a go/no-go RT task. *Int. J. Psychophysiol.* 27, 241–248. doi:10.1016/S0167-8760(97)00065-2.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol.* 18, 643–662. doi:10.1037/h0054651.

Summerfield, J. J., Lepsien, J., Gitelman, D. R., Mesulam, M. M., and Nobre, A. C. (2006). Orienting Attention Based on Long-Term Memory Experience. *Neuron* 49, 905–916. doi:10.1016/j.neuron.2006.01.021.

Svartberg, K. (2005). A comparison of behaviour in test and in everyday life: evidence of three consistent boldness-related personality traits in dogs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 91, 103–128. doi:10.1016/j.applanim.2004.08.030.

Swann, W. J. (2006). Improving the welfare of working equine animals in developing countries. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 100, 148–151. doi:10.1016/j.applanim.2006.04.001.

Takimoto, A., Fujita, K., (2008). Are horses (*Equus caballus*) sensitive to human attentional states? International Equine Science Meeting 2008, University of Regensburg, Germany, October 3rd-5th.

Tallon-Baudry, C., Bertrand, O., Hénaff, M.-A., Isnard, J., and Fischer, C. (2005). Attention Modulates Gamma-band Oscillations Differently in the Human Lateral Occipital Cortex and Fusiform Gyrus. *Cereb. Cortex* 15, 654–662. doi:10.1093/cercor/bhh167.

Talukdar, A. H., Calhoun, M. L., and Stinson, A. W. (1972). Microscopic anatomy of the skin of the horse. *Amer J Vet Res*.

Tanida, H., Miura, A., Tanaka, T., and Yoshimoto, T. (1995). Behavioral response to humans in individually handled weanling pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 42, 249–259. doi:10.1016/0168-1591(94)00545-P.

Tassi, P., Rohmer, O., Bonnefond, A., Margiocchi, F., Poisson, F., and Schimchowitsch, S. (2013). Long term exposure to nocturnal railway noise produces chronic signs of cognitive deficits and diurnal sleepiness. *J. Environ. Psychol.* 33, 45–52. doi:10.1016/j.jenvp.2012.10.003.

Taylor, A. A., and Davis, H. (1998). Individual humans as discriminative stimuli for cattle (*Bos taurus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 13–21. doi:10.1016/S0168-1591(97)00061-0.

Taylor, J. G., and Fragopanagos, N. F. (2005). The interaction of attention and emotion. *Neural Netw.* 18, 353–369. doi:10.1016/j.neunet.2005.03.005.

Thierry, B., Theraulaz, G., Gautier, J. Y., and Stiegler, B. (1995). Joint memory. *Behav. Processes* 35, 127–140. doi:10.1016/0376-6357(95)00039-9.

Thomas, A., and Chess, S. (1977). *Temperament and development*. Oxford, England: Brunner/Mazel.

Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. *Psychol. Rev. Monogr. Suppl.* 2, i–109. doi:10.1037/h0092987.

Thorne, J. B., Goodwin, D., Kennedy, M. J., Davidson, H. P. B., and Harris, P. (2005). Foraging enrichment for individually housed horses: Practicality and effects on behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 94, 149–164. doi:10.1016/j.applanim.2005.02.002.

Thorpe, W. H. (1966). *Learning and instinct in animals*. Methuen. 558p

Timberlake, W. (1997). An animal-centered, causal-system approach to the understanding and control of behavior. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 107–129. doi:10.1016/S0168-1591(96)01154-9.

Timney, B., and Keil, K. (1992). Visual acuity in the horse. *Vision Res.* 32, 2289–2293. doi:10.1016/0042-6989(92)90092-W.

Tinbergen, L., and Klomp, H. (1960). The Natural Control of Insects in Pine Woods. *Arch. Néerl. Zool.* 13, 344–379. doi:10.1163/036551660X00062.

Tinbergen, N. (1951). *The study of instinct*. New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press.

Tipper, S. P., and Baylis, G. C. (1987). Individual differences in selective attention: The relation of priming and interference to cognitive failure. *Personal. Individ. Differ.* 8, 667–675. doi:10.1016/0191-8869(87)90064-X.

Toates, F. M. (1986). *Motivational Systems*. CUP Archive. 188p

Tomasello, M., Call, J., and Hare, B. (1998). Five primate species follow the visual gaze of conspecifics. *Anim. Behav.* 55, 1063–1069. doi:10.1006/anbe.1997.0636.

Tombu, M., and Jolicœur, P. (2002). All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon. *Psychol. Res.* 66, 274–286. doi:10.1007/s00426-002-0101-x.

Topál, J., Miklósi, Á., and Csányi, V. (1997). Dog-Human Relationship Affects Problem Solving Behavior in the Dog. *Anthrozoos Multidiscip. J. Interact. People Anim.* 10, 214–224. doi:10.2752/089279397787000987.

Torres de Assumpção, C., and Deag, J. m. (1979). Attention Structure in Monkeys. A Search for a Common Trend. *Folia Primatol. (Basel)* 31, 285.

Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Q. J. Exp. Psychol. 0033-555X* 12, 242.

Treisman, A. M. (1964). Verbal Cues, Language, and Meaning in Selective Attention. *Am. J. Psychol.* 77, 206–219. doi:10.2307/1420127.

Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychol. Rev.* 76, 282–299. doi:10.1037/h0027242.

Tyler, S. J. (1972). The Behaviour and Social Organization of the New Forest Ponies. *Anim. Behav. Monogr.* 5, Part 2, 87–196. doi:10.1016/0003-3472(72)90003-6.

Uller, C., and Lewis, J. (2009). Horses (*Equus caballus*) select the greater of two quantities in small numerical contrasts. *Anim. Cogn.* 12, 733–738. doi:10.1007/s10071-009-0225-0.

Vahle-Hinz, T., Bamberg, E., Dettmers, J., Friedrich, N., and Keller, M. (2014). Effects of work stress on work-related rumination, restful sleep, and nocturnal heart rate variability experienced on workdays and weekends. *J. Occup. Health Psychol.* 19, 217–230. doi:10.1037/a0036009.

Valdez, P., Ramirez, C., Garcia, A., Talamantes, J., Armijo, P., Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biol. Rhythm Res.* 36, 57–65. doi:10.1080/09291010400028633.

Valenchon, M., Lévy, F., Fortin, M., Leterrier, C., and Lansade, L. (2013). Stress and temperament affect working memory performance for disappearing food in horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* 86, 1233–1240. doi:10.1016/j.anbehav.2013.09.026.

Val-Laillet, D., Tallet, C., Guérin, C., and Meunier-Salaün, M.-C. (2013). Behavioural reactivity, social and cognitive abilities of Vietnamese and Pitman–Moore weaned piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 148, 108–119. doi:10.1016/j.applanim.2013.06.003.

VanDierendonck, M. C., and Spruijt, B. M. (2012). Coping in groups of domestic horses – Review from a social and neurobiological perspective. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138, 194–202. doi:10.1016/j.applanim.2012.02.007.

Visser, E., van Reenen, C., Hopster, H., Schilder, M. B., Knaap, J., Barneveld, A., and Blokhuis, H. (2001). Quantifying aspects of young horses' temperament: consistency of behavioural variables. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 74, 241–258. doi:10.1016/S0168-1591(01)00177-0.

Visser, E. K., Ellis, A. D., and Van Reenen, C. G. (2008). The effect of two different housing conditions on the welfare of young horses stabled for the first time. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 521–533. doi:10.1016/j.applanim.2008.03.003.

Visser, E. K., Van Reenen, C. G., Engel, B., Schilder, M. B. H., Barneveld, A., and Blokhuis, H. J. (2003a). The association between performance in show-jumping and personality traits earlier in life. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82, 279–295. doi:10.1016/S0168-1591(03)00083-2.

Visser, E. K., van Reenen, C. G., Schilder, M. B. H., Barneveld, A., and Blokhuis, H. J. (2003b). Learning performances in young horses using two different learning tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80, 311–326. doi:10.1016/S0168-1591(02)00235-6.

Visser, E. K., Reenen, C. G. V., Rundgren, M., Zetterqvist, M., Morgan, K., and Blokhuis, H. J. (2003c). Responses of horses in behavioural tests correlate with temperament assessed by riders. *Equine Vet. J.* 35, 176–183. doi:10.2746/042516403776114108.

Visser, E. K., van Reenen, C. G., van der Werf, J. T. N., Schilder, M. B. H., Knaap, J. H., Barneveld, A., and 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. doi:10.1016/S0031-9384(02)00698-4.

Von Borstel, U., Pasing, S., and Gauly, M. (2011). Towards a more objective assessment of equine personality using behavioural and physiological observations from performance test training. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 135, 277–285. doi:10.1016/j.applanim.2011.10.007.

Von Borstel, U. U. K., Duncan, I. J. H., Lundin, M. C., and Keeling, L. J. (2010). Fear reactions in trained and untrained horses from dressage and show-jumping breeding lines. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 125, 124–131. doi:10.1016/j.applanim.2010.04.015.

Von Borstel, U. U., Duncan, I. J. H., Shoveller, A. K., Merkies, K., Keeling, L. J., and Millman, S. T. (2009). Impact of riding in a coercively obtained Rollkur posture on welfare and fear of performance horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 228–236. doi:10.1016/j.applanim.2008.10.001.

Von Uexküll, J., 1965. Mondes Animaux et Monde Humain, suivi de la Théorie de la Signification. Gonthier, Paris.

Voytko, M. L., Olton, D. S., Richardson, R. T., Gorman, L. K., Tobin, J. R., and Price, D. L. (1994). Basal forebrain lesions in monkeys disrupt attention but not learning and

memory [published erratum appears in J Neurosci 1995 Mar;15(3): following table of contents]. *J. Neurosci.* 14, 167–186.

Wachs, T. D., McCrae, R. R., and Kohnstamm, G. A. (2001). *Temperament in Context*. Psychology Press.

Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M.-V., Janczak, A. M., Visser, E. K., and Jones, R. B. (2006). Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 185–242. doi:10.1016/j.applanim.2006.02.001.

Waiblinger, S., Menke, C., Korff, J., and Bucher, A. (2004). Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 85, 31–42. doi:10.1016/j.applanim.2003.07.002.

Wallis, L. J., Range, F., Muller, C. A., Serisier, S., Huber, L., and Zso, V. (2014). Lifespan development of attentiveness in domestic dogs: drawing parallels with humans. *Front. Psychol.* 5. doi:10.3389/fpsyg.2014.00071.

Wallner, B., and Machatschke, I. H. (2009). Influence of nutrition on aggression. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 4, 1–10. doi:10.1079/PAVSNNR20094075.

Wang, M.-Y., Ings, T. C., Proulx, M. J., and Chittka, L. (2013). Can bees simultaneously engage in adaptive foraging behaviour and attend to cryptic predators? *Anim. Behav.* 86, 859–866. doi:10.1016/j.anbehav.2013.07.029.

Waran, N., Casey, R., 2005. Horse training. *In : D.S. Mills & S.M. Mc Donnell (Eds). The Domestic Horse: The origins,development and management of its behavior*. Cambridge, Cambridge University Press. pp 184-195.

Waring, G. H. (2003). *Horse Behavior*. Noyes Publications/William Andrew Pub.

Warren-Smith, A. K., and McGreevy, P. D. (2008). Equestrian Coaches' Understanding and Application of Learning Theory in Horse Training. *Anthrozoos Multidiscip. J. Interact. People Anim.* 21, 153–162. doi:10.2752/175303708X305800.

Wathan, J., and McComb, K. (2014). The eyes and ears are visual indicators of attention in domestic horses. *Curr. Biol.* 24, R677–R679. doi:10.1016/j.cub.2014.06.023.

Watson, C. G., Klett, W. G., and Lorei, T. W. (1970). Toward an operational definition of anhedonia. *Psychol. Rep.* 26, 371–376. doi:10.2466/pr0.1970.26.2.371.

Weathers, W. W., Buttemer, W. A., Hayworth, A. M., and Nagy, K. A. (1984). An Evaluation of Time-Budget Estimates of Daily Energy Expenditure in Birds. *The Auk* 101, 459–472.

Weigel, R. M. (1979). The facial expression of the brown capuchin monkey (*Cebus apella*). *Behavior* 68, 250–276.

Wells, S., and Goldschmidtrothschild, B. (1979). Social-Behavior and Relationships in a Herd of Camargue Horses. *Z. Tierpsychol.-J. Comp. Ethol.* 49, 363–380.

Welner, S. A., and Koty, Z. C. (1993). Amelioration of sensory attention and sensorimotor deficits by chromaffin cell grafts to the cerebral cortex of nucleus basalis magnocellularis lesioned rats. *Behav. Brain Res.* 59, 73–81. doi:10.1016/0166-4328(93)90153-H.

Welp, T., Rushen, J., Kramer, D. L., Festa-Bianchet, M., and de Passillé, A. M. B. (2004). Vigilance as a measure of fear in dairy cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 1–13.

doi:10.1016/j.applanim.2003.12.013.

Wickens, C. D. (1981). Processing Resources in Attention, Dual Task Performance, and Workload Assessment. *Technical report,* University of Illinois.

Wickens, C. L., and Heleski, C. R. (2010). Crib-biting behavior in horses: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 128, 1–9. doi:10.1016/j.applanim.2010.07.002.

Wielebnowski, N. C. (1999). Behavioral differences as predictors of breeding status in captive cheetahs. *Zoo Biol.* 18, 335–349. doi:10.1002/(SICI)1098-2361(1999)18:4<335::AID-ZOO8>3.0.CO;2-X.

Wikenros, C., Ståhlberg, S., and Sand, H. (2014). Feeding under high risk of intraguild predation: vigilance patterns of two medium-sized generalist predators. *J. Mammal.* 95, 862–870. doi:10.1644/13-MAMM-A-125.

Wilkinson, A., Mandl, I., Bugnyar, T., and Huber, L. (2010). Gaze following in the red-footed tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Anim. Cogn.* 13, 765–769. doi:10.1007/s10071-010-0320-2.

Wilkinson, R. T. (1963). Interaction of noise with knowledge of results and sleep deprivation. *J. Exp. Psychol.* 66, 332–337. doi:10.1037/h0044161.

Williams, A. C. de C. (2002). Facial expression of pain, empathy, evolution, and social learning. *Behav. Brain Sci.*, 475.

Williams, M., and Johnston, J. M. (2002). Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 55–65. doi:10.1016/S0168-1591(02)00081-3.

Willner, P., Muscat, R., and Papp, M. (1992). Chronic mild stress-induced anhedonia: A realistic animal model of depression. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 16, 525–534. doi:10.1016/S0149-7634(05)80194-0.

Wohl, M., Purper-Ouakil, D., Mouren, M.-C., Adès, J., and Gorwood, P. (2005). Méta-analyse des gènes candidats dans le trouble déficit attentionnel avec hyperactivité (TDAH). *L'Encéphale* 31, 437–447. doi:10.1016/S0013-7006(05)82405-4.

Wolff, A., and Hausberger, M. (1996). Learning and memorisation of two different tasks in horses: the effects of age, sex and sire. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46, 137–143. doi:10.1016/0168-1591(95)00659-1.

Wolff, A., Hausberger, M., and Le Scolan, N. (1997). Experimental tests to assess emotionality in horses. *Behav. Processes* 40, 209–221. doi:10.1016/S0376-6357(97)00784-5.

Wright, M. J., Burns, R. J., Geffen, G. M., and Geffen, L. B. (1990). Covert orientation of visual attention in Parkinson's disease: An impairment in the maintenance of attention. *Neuropsychologia* 28, 151–159. doi:10.1016/0028-3932(90)90097-8.

Würbel, H. (2001). Ideal homes? Housing effects on rodent brain and behaviour. *Trends Neurosci.* 24, 207–211. doi:10.1016/S0166-2236(00)01718-5.

Wyse, C. A., McNie, K. A., Tannahil, V. J., Love, S., and Murray, J. K. (2008). Prevalence of obesity in riding horses in Scotland. *Vet. Rec.* 162, 590–591. doi:10.1136/vr.162.18.590.

Xitco, Gory, J. D., and Ii, S. A. K. (2004). Dolphin pointing is linked to the attentional behavior of a receiver. *Anim. Cogn.* 7, 231–238. doi:10.1007/s10071-004-0217-z.

Xitco, M. J., Gory, J. D., and Kuczaj, S. A. (2001). Spontaneous pointing by bottlenose

dolphins (*Tursiops truncatus*). *Anim. Cogn.* 4, 115–123. doi:10.1007/s100710100107.

Yerkes, R. M., and Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J. Comp. Neurol. Psychol.* 18, 459.

Yorzinski, J. L., and Platt, M. L. (2014). Selective attention in peacocks during predator detection. *Anim. Cogn.*, 767. doi:10.1007/s10071-013-0708-x).

Young, T., Creighton, E., Smith, T., and Hosie, C. (2012). A novel scale of behavioural indicators of stress for use with domestic horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 140, 33–43. doi:10.1016/j.applanim.2012.05.008.

Zentall, T. R. (2005). Selective and divided attention in animals. *Behav. Processes* 69, 1–15. doi:10.1016/j.beproc.2005.01.004.

ANNEXES



ANNEXE 1

Manuscrit en préparation

Manuscript in prep

A new ambulatory electroencephalography system for free moving horses.

An example of application: evaluating attention

Title: A new ambulatory electroencephalography system for free moving horses. An example of application: evaluating attention

Authors: Hugo Cousillas[a], Martial Oger[b], Céline Rochais[c], Claire Potoello[c], Melissa Sébilleau[c], Séverine Henry[c] and Martine Hausberger[c]

Adresses:

a) **UMR 6552 - Ethologie Animale et Humaine EthoS, Université de Rennes 1 – CNRS, Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex**
b) **IETR, UMR CNRS 6164 Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex**
c) **UMR 6552 - Ethologie Animale et Humaine EthoS, Université de Rennes 1 – CNRS, Campus de Beaulieu, 35380 Paimpont**

Abstract

In the present study, we introduce a novel EEG helmet adapted to the horse's head that allows an easy and fast (less than 5 minutes) positioning of the electrodes and that can be used in the home environment on a free moving animal. In order to validate this system an example of application is given, a pilot study on attention was performed outside and during the presentations of two objects with different emotional valences to free moving horses in their stall and where the responses of both hemispheres were compared. The first results of this pilot study were interesting and promising. Pleasant and unpleasant stimuli produced opposite effects on the EEG recordings of left and right hemispheres. The left hemisphere appeared to be more involved in processing a pleasant stimulus while the right one the unpleasant one. This is totally in accordance with earlier studies on behavioral perceptual laterality in horses: the horses use more the left eye (hence right hemisphere) and avoid the visual stimuli occurring on their left side.

Introduction

Electroencephalography (EEG) has been extensively studied in humans over the last decades (review in Dietrich and Kanso, 2010). It has been especially used in human medicine as a diagnostic tool to assess cerebral dysfunctions as for example epilepsy (Lascano et al. 2012; Smith, 2005). EEG is especially useful to characterize different levels of awareness from the different stages of sleep to wakefulness (Rodenbeck et al. 2006). In humans, EEG recordings are mostly based on non-traumatic external electrodes placed on the head's skin. The quality of these human EEG recordings depends on the subject's "quietness and hence the level of muscular activity which may interfere: the subject must be quiet and avoid any movement.

Electroencephalography also presents a large interest for studies of animal brain processes. Applications range from fundamental researches on sleep, attention, awareness to applied issues such as the impact of anesthesia, brain damages, induced or spontaneous brain diseases, epilepsy…(Wijnberg et al. 2014; Lacombe et al. 1999; Grint et al. 2014). Techniques have been developed for animals but there are important restrictions.

Thus, in awake animals, it is almost impossible to avoid movements and most EEG recordings in animals have been done invasively using deep implanted electrodes (Ruckebusch, 1963; Dallaire and Ruckebusch, 1974). In this case, the electrodes record directly the cortical activity (electrocorticogram), hence produce high quality data. This technique has been used in equids and has allowed to characterize the EEG waves of the different stages of vigilance. Of course this requires a surgery under anesthesia in order to implant the electrodes which can be quite traumatic. It means that such a system is not adapted for "routine" use, especially in large domestic species.

The other approach, on awake animals, requires that they are kept immobile: electrodes are glued on the animal's head and any movement has negative consequences (Williams et al. 2008). The cables linking the electrodes to the recorder are further constraints that also explain that most of these studies have been performed in adapted facilities, such as animal hospitals.

For example, several authors have developed non traumatic EEG recordings in equids (Hale and Huggins, 1980; Mysinger et al. 1985). These systems have been used to study EEG waves during anesthesia, sleep or even epilepsy in horses (Wijnberg et al. 2014; Williams et al. 2008, 2012). The electrodes were positioned and glued on the head, a conductive paste was added. In general the horse's forehead was shaved to have a good contact. Long wires were used to connect the electrodes to the amplifiers and the recording system placed on the back of the horse. These EEG recording systems are better and easier to use than the ones using implanted electrodes but they still need a relatively long preparation.

In horses, there is a clear need for more research using EEG, both in the context of cerebral disorders such as epilepsy (Wijnberg et al. 2014) or the consequences of trauma and for evaluating aspects such as the effects of the animal's well-being on its arousal level (e.g. Fureix et al 2012, Hausberger et al in press), the impact of drugs on wakefulness, or the hemispheric specialization in processing sensory information. Behavioral studies have revealed that horses show a lateralization of the perception of conspecific vocalizations (Basile et al. 2009), of human approaches (Austin & Rogers 2007, Sankey et al 2011) and of fear inducing novel objects (Larose et al 2006). In fact, it has been shown in horses, as in many other species, that the emotional valence of the stimulus underlines the hemispheric specialization (Larose et al 2006, De Boyer des Roches et al. 2011, Rogers & Andrew 2002).

However, in order to test the brain correlates of such responses to housing conditions, or different stimuli of the environment, it is absolutely necessary that the recording apparatus 1) can be used in the home environment, 2) is easy and rapid to adapt to each horse, 3) can be used on a free moving animal (that can orient towards a stimulus), 4) does not put more constraint on the horses than the usual gear such as halter of snaffle (i.e. rapid habituation).

In the present study, we present a novel EEG helmet adapted to the horse's head that allows an easy and fast (less than 5 minutes) positioning of the electrodes that solves all the above mentioned issues. An example of application is given where the EEG recordings are performed outside and during the presentations of two objects with different emotional valences to free moving horses in their stall and where the responses of both hemispheres were compared. The behavioral measure was the fixed attention of the horse towards the stimulus (interruption of current activity, immobility with all sensory organs oriented towards the stimulus, Waring 2003, Rochais et al in prep).

Material and Method

1) Material and technological developments

The electrophysiological recordings were performed thanks to a homemade telemetric recording setup (MO). The experimenters could therefore stay out of view of the animals and follow the recordings on the receiver that was also distant from the horse.

The main innovation was the EEG helmet (fig. 1a; patent # R23701WO) that allowed us to place easily 5 electrodes on the horse's forehead. In order to avoid too much wiring around the head and along the neck of the horse and to allow the animal to be a free moving, a homemade EEG amplifier was developed which was associated with a radio emitter fixed on the recording helmet. The homemade amplifier was based on the 2 ways recordings

"ModularEEG" from the openEEG project. The amplifier was connected to a telemetric radio transmitter. This telemetric recording setup was fixed on the helmet.

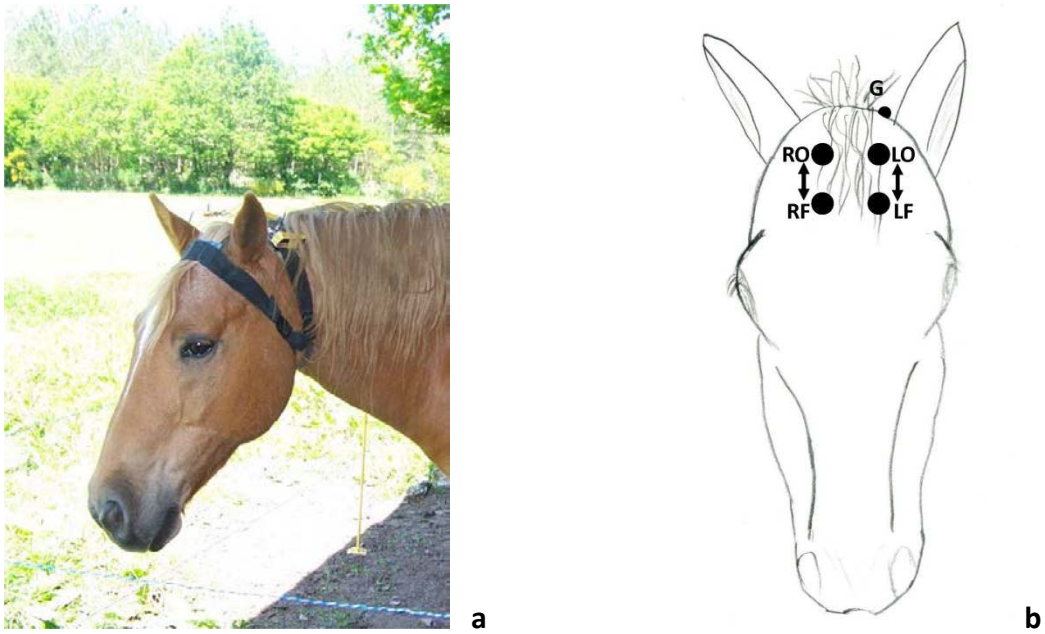


Figure 1: a) EEG helmet placed on the horse's head. B) Electrodes positions, RO: right occipital; RF: right frontal; LO: left occipital; LF: left frontal; G: body ground.

Electrode positioning (fig. 1b) -The electrodes were positioned on each side of the horse forehead to allow separate hemispheric recordings. On each side the electrodes were placed on occipital and frontal positions. This electrode positioning, similar to the one used by Mysinger et al. (1985), allowed us to record the differential activity between the most occipital part of the brain and the most frontal one. The ground electrode was placed on the back of the left ear.

Telemetric setup (fig. 2) - After being amplified the EEG signal was chopped in order to modulate 2 oscillators working with 2 nearby frequencies (around 433 MHz). The output signals of oscillators were added and delivered to a quarter of wave whip antenna. The

oscillators were both stabilized in frequency and modulated in frequency. The central frequencies of oscillators were stabilized by the mean of a frequency synthesizer in the 50 Hz bandwidth. The EEG signals frequencies are too low to be able to modulate in frequency these oscillators, it has therefore been necessary to shift these signals towards higher frequencies out of the bandwidth of the synthetized frequencies. Thus, the EEG signals were chopped with a period of 1 msec (1 kHz). A microcontroller was used to drive the 2 frequency synthesizers and to command the choppers.

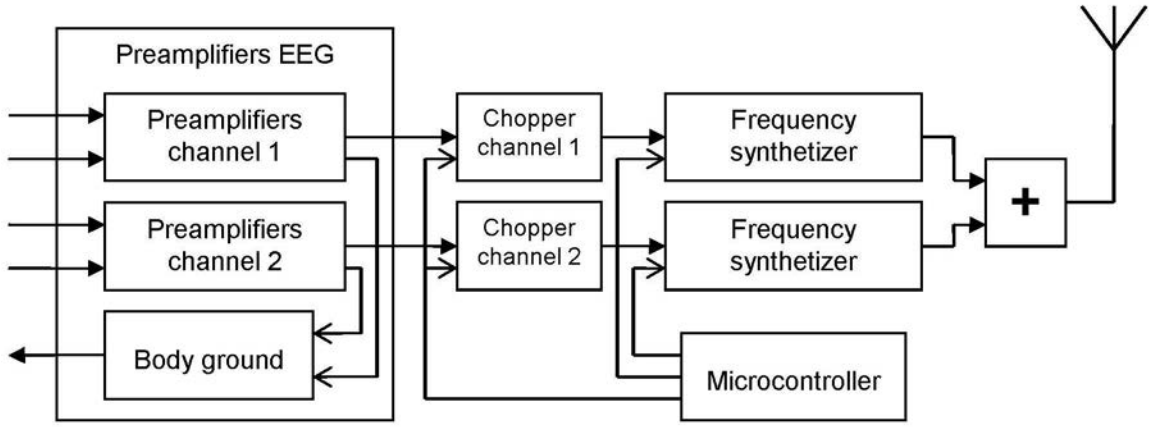


Figure 2: Schematic diagram of the telemetric system.

In order to get back to the EEG signals, we used a classic FM receiver associated with an envelope demodulator. The demodulation of the signal received gives an audio signal chopped at 1 kHz, to get back the EEG signals we made an envelope demodulation of this audio signal.

The EEG signals were then recorded in a computer using a digital oscilloscope “Picoscope 2200 Series” (pico^{R} Technology) and the Picoscope Oscilloscope Software. The sampling rate was 1 kHz.

Data analysis – we processed all data using "Scilab 5.5.0 The Free Platform for Numerical Computation". In order to characterize the EEG waves we first filtered the EEG recordings to separate the different ranges of frequencies. A spectral analysis was done to detect variations in the different EEG waves ranges. Then, to quantify any changes in the EEG oscillations we calculated the spectral power of the different categories of EEG waves. We choose to compare the ratio of α/β. The spectral power of β waves gives an information on the level of awareness while α waves are more present in quiet states, this ratio α/β can then reflect variations in attentional level.

2) The animals and the experimental procedure

These recordings were performed on 6 adult horses (3 males and 3 females) of mixed breeds, aged 9 to 25 years. Two of them belonged to the university and were at the "Station Biologique de Paimpont", the four others belonged to a private owner. These horses were kept in groups in pastures (hence food and water ad libitum) and were used for non-invasive behavioral studies and for occasional outdoor riding. The experiments were performed when the horses were in familiar individual stalls of 3x3 m (with straw bedding and hay). Since the aim was to test the brain responses to the type of attention evoked according to the valence (positive or negative) of a stimulus, two types of stimuli were used: one positive, a carrot (attractive for all these horses); one negative, a riding whip (occasionally used for training). The experimenter (always the same: CR) was standing in front of the box (3 meters away) with the objects in her back. She then presented one or the other of the stimuli during 10 seconds. It was usual for these horses to associate a human with these stimuli. Each stimulus was randomly presented 10 times. Stimulus presentations were separated by 50 seconds. The first presentation for each horse was always the pleasant stimulus.

All experiments were video-recorded using the media-recorder software and behaviors were encoded using “The Observer” software from Noldus. The precise time when the animal showed a “fixed” attention towards the stimulus (total immobility, all sensory organs towards it, binocular gaze) was identified: such attentional sequences are very short (mostly less than 4 sec) and hence were often shorter than the stimulus presentation (Rochais et al in prep). We then used the ratio α/β of spectral power during periods of 5 sec.

Statistical analyses

Comparisons of activity and of the ratio α/β between hemispheres were performed on 7 periods of 5 sec (3 before and 3 after the period of attention) using a non-parametric Wilcoxon test for comparison of related samples; the p value was 0.05.

Results

All recordings were performed on awake and free moving horses. Some recordings obtained while the animal was moving (e.g. walking) were excluded to prevent recording any muscular artefact. Overall though, clear typical EEG recordings appeared both during and outside the stimuli presentations (Fig 4)

The EEG recordings were further filtered in order to characterize the different wave ranges (fig. 3). The low frequencies (δ and β) that are characteristic of slow waves sleep as well as the α waves (8 - 12 Hz) that are characteristic of a quiet level of vigilance were of low amplitude (<10 μV). The major part of the signal was constituted by waves of higher frequencies, β waves (12 – 30 Hz) and γ waves (>30 Hz) with amplitudes of 10 to 30 μV.

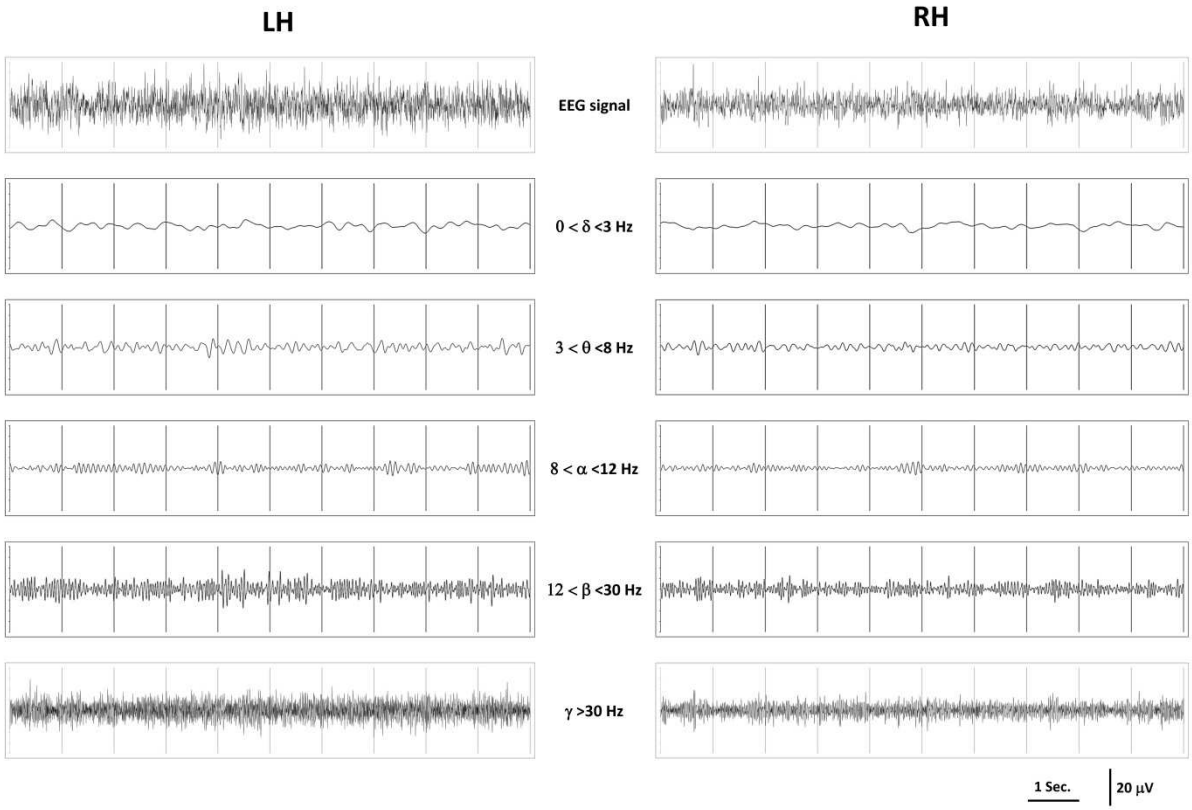


Figure 3: Example of recordings of the different EEG waves ranges while horses were standing quietly at the door observing the environment.

Since the stimuli had mild positive or negative valences and there was no direct contact (no possibility of eating the carrot nor major fear of the whip), the animals did not always show fixed attention towards them, which occurred more with the increase of repetitions. Therefore, in order to compare the effects of the two stimuli, we kept only the three first occurrences of fixed attention towards the stimuli (mostly the three first presentations) for further analysis.

It appears then that when the animals oriented their attention towards the stimuli presented, the spectral analysis (fig. 4) revealed changes in frequencies. These changes occurred clearly in the β waves ranges. However, because it is difficult to quantify these changes using the spectral representation, we focused on the spectral power of these

frequencies. We calculated the ratio of the spectral power of α and β waves that can give an information on the level of awareness this ratio α/β can then reflect variations in attentional level: the higher the ratio, the less aroused the system is, the lower, the more active it is.

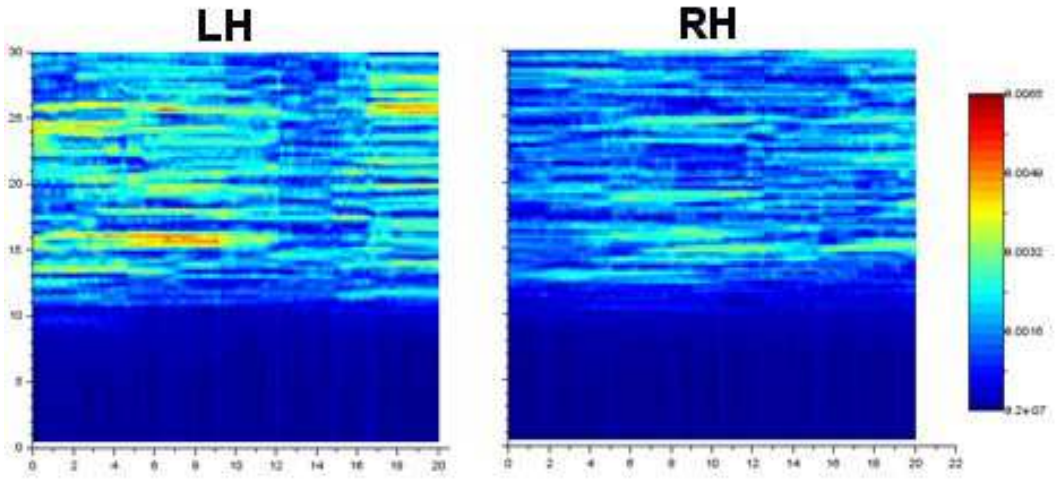


Figure 4: example of spectral analysis during a horse's fixed attention towards the stimulus (carrot) (only β waves are shown here).

The results revealed clear differences of this ratio between hemispheres according to the stimulus presented (Fig 5). The ratio was overall higher (data from both hemispheres pooled) when the animals gazed at the whip as compared to when they gazed at the carrot, reinforcing the idea that the whip was a mild negative stimulus and the carrot potentially more motivating, hence inducing more arousal (in the example given here, Wilcoxon test, N=7, z=-2.31, p=0.02)

Overall though, when adding the data for both stimuli, the ratio was higher in the right hemisphere than in the left one (Wilcoxon, N=7, z=-2.66, p =0.0077). However, clear differences occurred also in the ratio between hemispheres according to the stimulus presented (fig. 5). At the onset of the animal's attention towards a pleasant stimulus, a decrease of the ratio could be observed for the left hemisphere while an increase occurred

for the RH. The unpleasant stimulus led to the opposite: an increase of the ratio in the left hemisphere and a decrease in the right one. For both stimuli, the changes observed in both hemispheres were significantly different from a random distribution (Randomization test for matched pairs, $p<0.05$ in both cases). Similar findings were obtained for the 6 horses

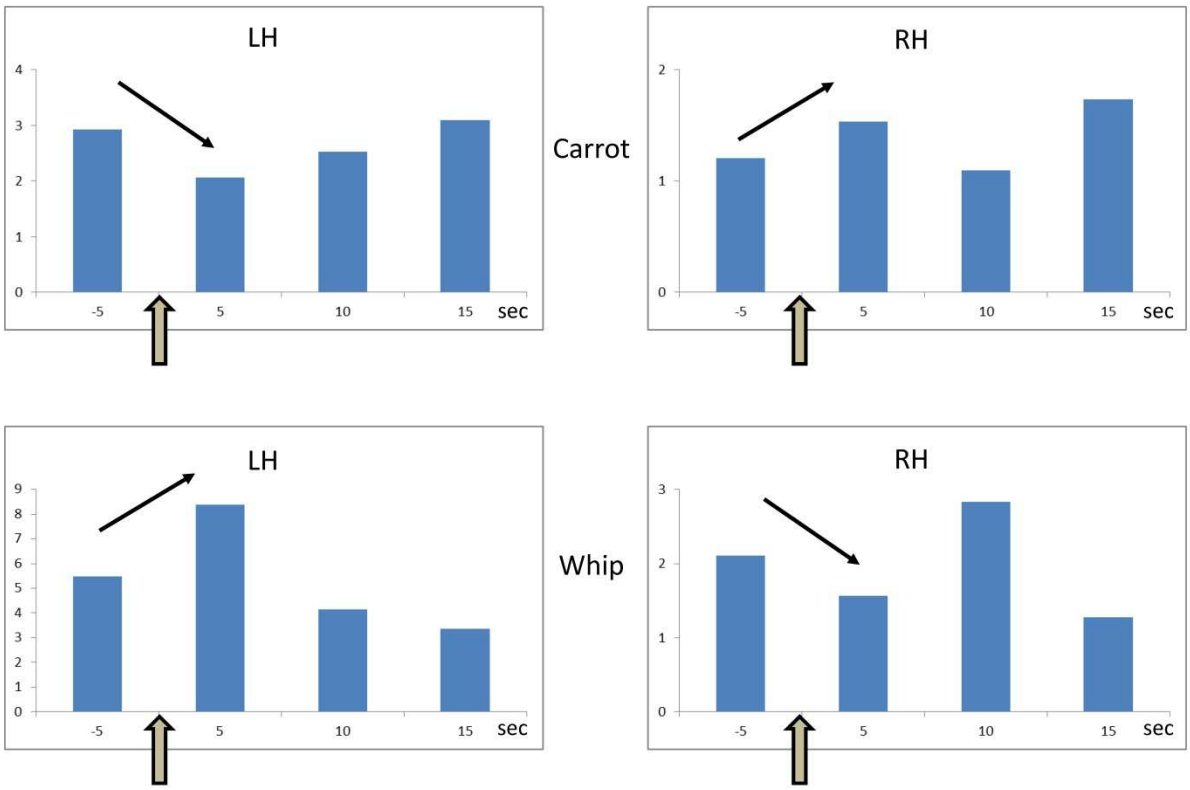


Figure 5: Example in one horse of the ratio α / β waves before, during and after the fixed attention of a horse towards a pleasant (top) or unpleasant (bottom) stimulus. The data are based on the sum obtained from three repetitions of the stimulus presentations. LH left hemisphere; RH right hemisphere. The vertical arrow indicates the moment of the fixed attention.

Discussion

The novel EEG helmet for EEG recordings proved quite adapted for recordings of free moving animals in their home environment. The use of a telemetric device enabled us to avoid the usual constraints related to cabling. Typical EEG recordings were obtained for the 6 horses while they were quietly observing their environment or showing a sustained attention towards a stimulus.

The major part in the EEG recordings was composed of high frequencies (>12Hz). Since the recordings have been performed on awake horses, low frequencies (δ and θ waves) that are characteristic of slow wave sleep should not be present or weakly which is the case here. We recorded small amplitude α waves, which is in accordance with Williams et al. (2008)'s study.

The first results of the pilot study on attention are interesting and promising. The pleasant and unpleasant stimuli produced opposite effects on the EEG recordings. In the left hemisphere the ratio of the power spectrum of α/β waves decreased in response to a pleasant stimulus and increased in response to an unpleasant stimulus. In the right hemisphere the results were opposite. A decrease of this ratio means an increase of β waves that reflect a higher state of arousal. The left hemisphere thus appeared to be more involved in processing a pleasant stimulus and the right one the unpleasant one. This is totally in accordance with earlier behavioral studies on behavioral perceptual laterality in horses: the horses show more use of the left eye (hence RH) and avoidance of visual stimuli occurring on their left side (Austin & Rogers 2007, Sankey et al 2011, De Boyer des Roches et al 2011).

This is especially remarkable as the horses showed no fear responses towards the whip and a rapid habituation. In fact, the ratio was overall lower for the whip showing that the horses

were not much aroused by it. Nevertheless its intrinsic emotional value may have been enough to induce this change in ratio when the animals had its attention on it.

On the other hand, it was more common for these horses to receive a carrot as a reinforcer for training than to be hit by a whip, which may explain the lower overall ratio for the carrot, hence higher arousal. This mild positive arousal was more visible in the left hemisphere. In conclusion, this novel EEG helmet for horses has proven quite practical and easy to use in the field on a variety of horses. The first application to laterality of brain processing is quite promising, and is one example of the type of questions that this technique allows. The range of use is much wider, from research interests to applications to clinical studies. It opens full new lines of research on brain processing in the animal's home environment and in awake states.

Acknowledgments: The authors are grateful to IFCE (Institut Français de l'Elevage et de l'Equitation), the University of Rennes, the CNRS and the Ministry of Research for financial assistance with this project. They are also thankful to Hervé Amat for taking care of the horses and help on the field.

References

Austin NP, Rogers LJ. Asymmetry of flight and escape turning responses in horses. Laterality 2007; 12:464–74.

Lascano A. M., S. Vulliemoz, G. Lantz, L. Spinelli, C. Michel and M (2012). Seeck A Review on Non-Invasive Localization of Focal Epileptic Activity Using EEG Source Imaging. Epileptology; 29, 80-89.

Dietrich A. and Kanso R. (2010) A Review of EEG, ERP, and Neuroimaging Studies of Creativity and Insight. Psychol. Bulletin, 136, No. 5, 822–848.

Basile M, Boivin S, Boutin A, Blois-Heulin C, Hausberger M. Socially dependent auditory laterality in domestic horses (Equus caballus). Anim Cogn 2009;12:611–9.

Dallaire A, Ruckebusch (1974) Y. Sleep and wakefulness in the housed pony under different dietary conditions. Can J Comp Med;38:65–71.

De Boyer des Roches, A., Durier, V., Richard-Yris, M.-A., Blois-Heulin, C., Ezzaouïa, M., Hausberger, M., & Henry S. (2011). Differential outcomes of unilateral interferences at birth. *Biology Letters*, *7,* 177-180.

Fureix C., Jego P., Henry S., Lansade L., & Hausberger M. (2012). Towards a naturalistic animal model of depression? A study on horses*. PLoS ONE*, *7* (6), e39280.

Grint N. J., Johnson C. B., Clutton R. E., Whay H. R. and Murrell J. C. (2014) Spontaneous electroencephalographic changes in a castration model as an indicator of nociception: A comparison between donkeys and ponies. Equine Veterinary Journal ISSN 0425-1644

Hale L.A. and Huggins S.E. (1980). The electroencephalogram of the normal "grade" pony in sleep and wakefulness. Comp. Biochem. Physiol. 66A, 251-257

Hausberger M., Fureix, C., Lesimple, C. in press Detecting horses' sickness: in search of visible signs **.** Appl. Anim. Behav. Sci. (in press).

Lacombe V. A., Mayes M., Mosseri S., Reed S. M., Fenner W. R. and OU H. T. (1999) Epilepsy in horses: Aetiological classification and predictive factors. Equine Veterinary Journal ISSN 0425-1644

Larose C, Rogers LJ, Richard MA, Hausberger M. Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. Laterality 2006; 11:355–67.

Mysinger PW, Redding RW, Vaughan JT, et al. (1985) Electroencephalographic patterns of clinically normal, sedated and tranquilized newborn foals and adult horses. Am J Vet Res;46:36–41.

Rodenbeck Andrea, Binder Ralf, Geisler Peter, Danker-Hopfe Heidi, Lund Reimer, Raschke Friedhart, Weeß Hans-Gü nther, and Schulz Hartmut (2006) A Review of Sleep EEG Patterns. Part I: A Compilation of Amended Rules for Their Visual Recognition according to Rechtschaffen and Kales. Somnologie 10: 159–175.

Rogers L.J. and Andrew R.J. (2002) Comparative vertebrate lateralization. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Ruckebusch Y. (1963) Etude EEG et comportementale des alternances veille-sommeil chez l'âne. CR Soc Biol;157:840–844.

Sankey, C., Henry, S., Clouard, C., Richard-Yris, M.-A., & Hausberger, M. (2011). Asymmetry of behavioral responses to a human approach in young naïve vs. trained horses. *Physiology & Behavior*, *104,* 454-458.

Smith S J M (2005) EEG in the diagnosis, classification, and management of patients with epilepsy. J Neurol Neurosurg Psychiatry;76(Suppl II):ii2–ii7. doi: 10.1136/jnnp.2005.069245

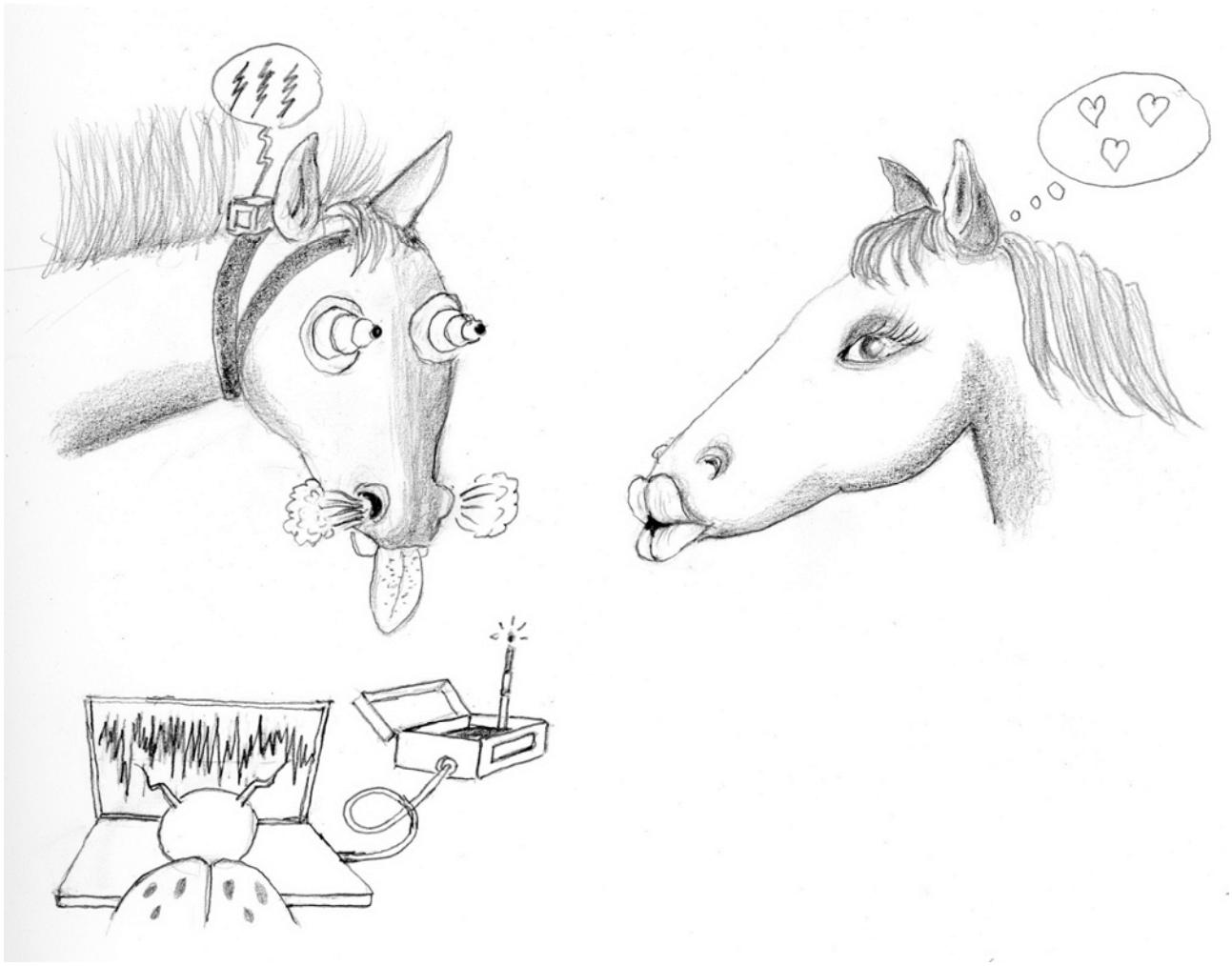
Waring GH. Horse behavior. 2nd edition. Norwich, New York: Noyes Publications-

William Andrew Publishing; 2003.

Wijnberg I.D., van der Ree M.& van Someren P. (2014) The applicability of ambulatory electroencephalography (AEEG) in healthy horses and horses with abnormal behaviour or clinical signs of epilepsy. Veterinary Quarterly, 33:3, 121-131.

Williams D, Aleman M, Holliday T, Fletcher D, Tharp B, Kass P, Steffey E, Le Couteur R. 2008. Qualitative and quantitative characteristics of the electroencephalogram in normal horses during spontaneous drowsiness and sleep. J Vet Intern Med. 22:630–638.

Williams D.C., Aleman M., Tharp B., Fletcher D.J., Kass P.H., Steffey E.P., LeCouteur R.A., and Holliday T.A. (2012) Qualitative and Quantitative Characteristics of the Electroencephalogram in Normal Horses After Sedation. J Vet Intern Med 2012



ANNEXE 2

Compte rendu de la 39ème Journée de la Recherche Equine, 2013

Attention les yeux !

Impact du type de renforcement lors du travail sur l'attention visuelle du cheval.

C. Rochais[1], S. Henry[1], S. Brajon[1], C. Sankey[1], A. Gorecka-Bruzda[3] & M. Hausberger[1,2]

[1]UMR 6552- Université de Rennes 1, Laboratoire d' Ethologie Animale et Humaine, Station biologique, 35380, Paimpont, France

[2]UMR 6552- CNRS-Université de Rennes 1, Laboratoire d' Ethologie Animale et Humaine, 263 avenue du général Leclerc, 35042, Rennes, France

[3]Polish Academy of sciences, Institute of genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, 05-552, Wolka-Kosowska, Poland

Attention les yeux !
Impact du type de renforcement lors du travail sur l'attention visuelle du cheval.

- *Par :*

C. Rochais[1], S. Henry[1], S. Brajon[1], C. Sankey[1], A Gorecka-Bruzda[2], et M. Hausberger[1]

- *[1]UMR-CNRS Ethologie Animale et Humaine, Université de Rennes 1, Station Biologique, 35380 Paimpont, France.*
  celine.rochais@univ-rennes1.fr
- *[2]Polish Academy of Sciences, Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, 05-552, Wolka-Kosowska, Pologne.*

Résumé

Ce travail vise à étudier l'impact de l'utilisation ou non d'un renforcement positif primaire ou du type de récompense utilisée au cours de l'entraînement sur l'attention des chevaux au travail. Dans une première étude, 15 jeunes anglo-arabes ont été entraînés à rester immobile en réponse à un ordre vocal. L'immobilité était récompensée par un apport alimentaire (n=8) ou n'était pas récompensée (n=7). Dans une seconde étude, 15 jeunes chevaux Konik ont été entrainés à la même tâche, mais ici l'immobilité était récompensée par un apport alimentaire (n=8) ou par une action tactile (grattage au garrot, n=7). Les principaux résultats montrent, pour les deux études, que les animaux entrainés avec un renforcement positif primaire (récompense alimentaire) sont plus attentifs que les chevaux entrainés sans renforcement ou avec une action tactile. L'utilisation d'un renforcement positif primaire entraine une augmentation de l'attention des chevaux envers l'expérimentateur, pouvant expliquer de meilleures performances d'apprentissage influencées par des facteurs motivationnels. L'attention du cheval, associée à une perception positive de la situation peut donc permettre une augmentation des performances au travail.

Mots clés : attention, entrainement du cheval, renforcement, apprentissage, interaction homme-animal

Summary

This study aims to investigate the impact of different reinforcement (no reinforcement, primary positive reinforcement) or action (scratch the wither) on the horses' attentional state in a learning task. In a first study, 15 young horses were trained to remain still in response to a vocal command. Immobility was rewarded either with a piece of food (n=8) or with no reward (n=7). In a second study, 15 young polish horses were trained to the same task, but here, immobility was rewarded either with a piece of food (n=8) or with a tactile contact (scratching on the withers, n=7). Results shows, for both studies, that food rewarded horses were more attentive than no rewarded or tactile rewarded horses. The use of food reward as a primary positive reinforcement is associated with an increase of motivation, leading to a better efficiency in promoting learning that may well have been mediated by attentional factors. Horse attentional state, combined with a positive perception of the situation may allow better performances in working context.

- **Key-words: attention , horse training, reinforcement, learning, human-animal interaction**

Introduction

L'attention est un élément clé des processus d'apprentissage et de mémorisation chez l'homme comme chez l'animal (Begin, 1991). Chez le cheval, cependant, on connait mal les facteurs de modulation possibles, et par conséquent les modalités permettant de promouvoir l'attention du cheval. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'impact des actions humaines comme facteur de modulation de l'attention des chevaux lors d'un processus d'apprentissage. De récents travaux ont déjà pu montrer que l'obéissance du cheval dépend de l'attention visuelle de l'homme, qu'il s'agisse de tâches à pied (Sankey et *al.* 2011) ou de conduite en main (Fureix et *al*. 2011). Cependant, outre les caractéristiques de l'entraineur, la durée d'immobilité en réponse à un ordre vocal et donc le niveau d'obéissance et de concentration du cheval dépendent aussi de la motivation fournie par le renforcement utilisé au cours de l'entrainement. Cette durée est maximale pour l'utilisation d'un renforcement positif primaire telle qu'une récompense alimentaire par rapport à l'absence de renforcement, l'utilisation d'un renforcement négatif ou d'une action tactile (Sankey et *al.* 2010 a,b,c).

En partant de ces différents constats, il semble particulièrement intéressant d'examiner plus finement l'impact sur l'attention des chevaux lors d'une tâche d'apprentissage de : 1) l'utilisation ou non d'un renforcement positif primaire ; 2) du type de renforcement utilisé : récompense alimentaire (*i.e.* renforcement positif primaire) ou grattage au niveau du garrot, un contact tactile étant souvent considéré par les amateurs et professionnels comme une récompense pour les chevaux.

Dans cette étude, nous testons l'hypothèse que l'utilisation d'une récompense alimentaire comme renforcement positif entrainerait une augmentation de l'attention sélective des chevaux envers l'entraineur et ainsi vers la tâche à apprendre.

Impact d'un renforcement positif primaire alimentaire sur l'attention du cheval envers l'entraineur

Matériel et méthodes

Cette expérimentation visait à comparer l'impact d'un renforcement positif primaire (RA ; récompense alimentaire, n=8) versus aucun renforcement (C ; contrôle n=7) sur l'attention des chevaux envers l'homme lors du travail. Quinze mâles anglo-arabes de 1 an ont été soumis à un même protocole d'entrainement. Depuis leur naissance, les contacts avec l'homme étaient limités à la distribution d'alimentation et aux transferts écurie/paddock.

L'entrainement consistait à apprendre aux chevaux à rester immobile en réponse à un ordre vocal (« reste ») pendant une durée de plus en plus importante (*e.g.* 5 paliers de difficulté croissante : 5, 10, 30, 45 et 60 secondes ; voir aussi Sankey et *al*. 2010 a, b, c). Chaque cheval devait rester immobile lors de 3 essais consécutifs afin de valider un palier (ex. 3 fois 5s de suite) et passer au palier suivant (ex. 10s). Les chevaux étaient entrainés 5 min par jour pendant 5 jours.

Au cours de chaque séance d'entrainement, des indicateurs de l'état attentionnel des chevaux ont été relevés en continu:

-orientation du regard : vers l'entraineur *ou* l'environnement

-orientation des oreilles : au moins une oreille vers l'entraineur

-orientation de l'encolure : au moins 45° vers l'entraineur *ou* vers l'environnement

-comportements d'investigation dirigés vers l'entraineur : léchages, flairages, exploration avec les lèvres (« nibbling »)...

Résultats

Alors qu'au début de l'apprentissage, les chevaux entrainés avec une récompense alimentaire(RA) et les chevaux contrôles (C) ne diffèrent sur aucune des caractéristiques comportementales (orientation du regard, de l'encolure, fréquence des comportements dirigés vers l'entraineur : Mann-Whitney U-test: $p>0,05$ pour tous), des différences claires en termes d'attention visuelle apparaissent selon l'utilisation ou non d'une récompense alimentaire.

Au 5ème jour, les chevaux entrainés avec une récompense alimentaire (RA) ont passé plus de temps que les chevaux contrôles (C) avec **le regard** (Mann-Whitney U test: $U = 5$, $N_{RA} = 8$, $N_C = 7$, $P = 0,006$), **l'encolure** (Mann-Whitney U test: $U = 4$, $N_{RA} = 8$, $N_C = 7$, $P = 0,006$) et au moins une **oreille** orientée vers l'entraîneur (Mann-Whitney U test: $U = 0$, $N_{RA} = 8$, $N_C = 7$, $P = 0,001$).

De même, ils ont passé plus de temps à interagir avec **l'entraineur** (Mann-Whitney U test: U = 4, N_{RA} = 8, N_C = 7, P = 0,004) (Figure I).

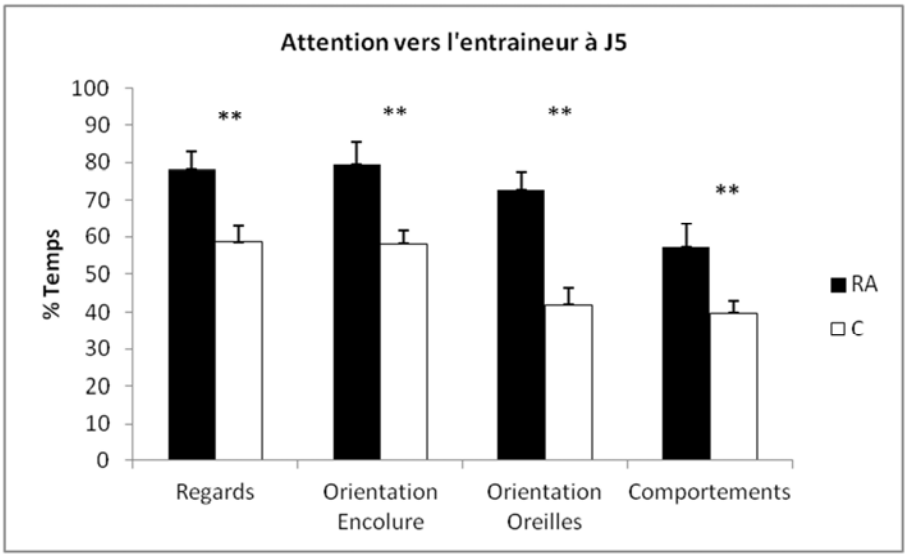


Figure I : Postures et comportements traduisant l'attention des chevaux envers l'entraineur au dernier jour d'entrainement (J5). RA : chevaux récompensés avec un aliment ; C : chevaux sans récompense (Tests de Mann-Whitney, **p<0,01)

*Figure I : Postural and behavioural adjustments translating the horses's attentional state towards the trainer in the last training day (J5). RA: horses rewarded with food, C: horses with no reward (Mann-Whitney U-test, *p<0,05, **p<0,01)*

Cette première étude montre clairement que l'utilisation d'un renforcement positif primaire (e.g. récompense alimentaire) est associé à une attention accrue du cheval envers l'entraineur : il le regarde davantage, est plus à l'écoute et recherche plus le contact. A l'inverse l'absence d'un tel renforcement est associée à davantage d'inattention envers l'homme. Ces données confirment l'hypothèse que l'action positive du renforcement positif primaire démontrée précédemment sur les performances et la relation à l'homme pourrait être médiée par une augmentation de l'attention du cheval.

1. Impact d'une action tactile ou d'un renforcement positif primaire alimentaire sur l'attention du cheval

Matériel et méthodes

Cette expérimentation visait à comparer l'impact d'un renforcement positif primaire (RA ; récompense alimentaire, n=8) *versus* une action tactile (G ; grattage au garrot pendant 5 secondes, n=7) sur l'attention des chevaux envers l'homme lors du travail. Quinze jeunes chevaux Konik polski de 1 à 2 ans (6 juments, 9 mâles), ayant des contacts avec l'homme limités à la distribution de fourrage et aux transferts écurie/paddock, ont été soumis au même protocole d'entrainement (cf ci-dessus). Les chevaux étaient entrainés 5 min par jour pendant 5 jours.

Les résultats en termes de performance et relation à l'homme ont été publiés (Sankey et al, 2010a) et montraient que le grattage ne permettait ni un apprentissage, ni une amélioration de la relation homme-cheval, ne constituant donc pas un renforcement, contrairement au renforcement positif primaire.

Résultats

Les résultats montrent des différences claires en termes d'attention visuelle en fonction du type de renforcement utilisé au cours de l'entrainement. Au dernier jour d'entrainement (5eme jour), les chevaux entrainés avec une récompense alimentaire (RA) ont passé plus de temps que les chevaux récompensés avec un grattage du garrot (G) avec **le regard** (Mann-Whitney U test: U = 4, N_{RA} = 8, N_G = 7, p=0.04), **l'encolure** dirigée vers l'entraineur (Mann-Whitney U test: U = 4, N RA = 8,

NRG = 7, p=0.04), ainsi qu'à **interagir** avec ce dernier (Mann-Whitney U test: U = 10, N_{RA} = 8, N_G = 7, p=0.05) (Figure II).

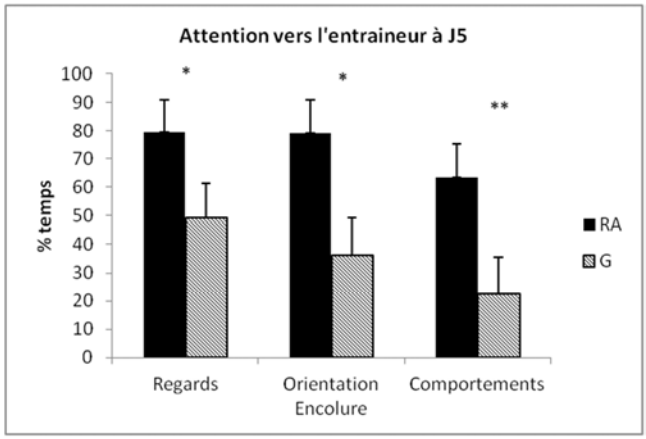


Figure II : Postures et comportements traduisant l'attention des chevaux envers l'entraineur au dernier jour d'entrainement (J5). RA : chevaux récompensés avec un aliment ; G : chevaux récompensés avec un grattage du garrot (Tests de Mann-Whitney, *p<0,05, **p<0,01)

*Figure II :Postural and behavioural adjustments translating the horses's attentional state towards the trainer in the last training day. RA: horses rewarded with food, G: horses grooming reward (Mann-Whitney U-test, *p<0,05, **p<0,01)*

De manière intéressante, au dernier jour d'entrainement, les individus entrainés avec un grattage du garrot ont continué à exprimer des comportements suggérant une **distraction forte** (*e.g.* regard orienté vers l'environnement) (Mann-Whitney U test: U = 10, N_{RA} = 8, N_G = 7, P = 0.04) ; et/ou des comportements **'d'agitation'** (*e.g.* mouvements en avant et/ou en arrière) contrairement aux chevaux entrainés avec une récompense alimentaire qui étaient plus orientés sur l'entraineur et moins agités (Figure III).

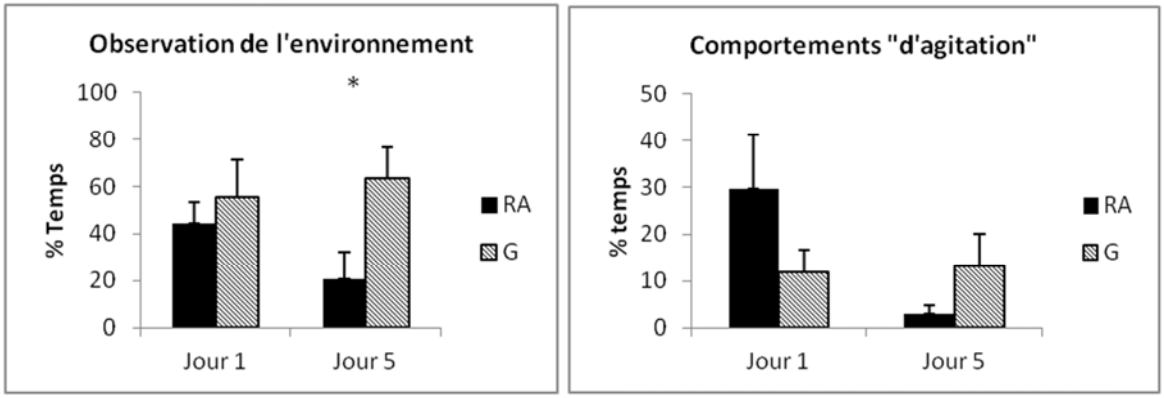


Figure III : Pourcentage de temps passé à observer l'environnement et à exprimer des comportements 'd'agitation' en fonction des jours d'entrainement. RA : chevaux récompensés avec un aliment ; G : chevaux récompensés avec un grattage du garrot.

Figure III: Percentage of time spent observing environment and expressing 'agitated' behaviours (e.g. moving forward and/or backwards) depending on the training day. RA: horses rewarded with food, G: horses with grooming reward.

Cette seconde étude indique qu'un entrainement avec une action tactile (e.g. grattage du garrot) n'induit aucune augmentation de l'attention du cheval envers l'entraineur, et pourrait même entrainer des réactions d'agitation des chevaux, contrairement à l'utilisation d'un renforcement positif primaire (e.g. récompense alimentaire). Une action tactile n'apparait pas être une action suffisante pour focaliser l'attention du cheval et ainsi permettre d'améliorer les performances d'apprentissage ou la relation à l'homme, confirmant ainsi les résultats obtenus dans l'étude de Sankey et al, 2010 a.

Discussion générale

Ces études montrent clairement que l'utilisation d'un renforcement positif est associée à une attention accrue du cheval vers l'entraineur : il le regarde davantage, est plus à l'écoute (direction des oreilles), et recherche plus le contact. A l'inverse, l'absence d'un tel renforcement est associée à davantage d'inattention envers l'homme. De plus, l'utilisation d'une action tactile (grattage du garrot) n'induit aucune amélioration de l'attention du cheval envers l'entraineur, le comportement des chevaux récompensés avec un grattage du garrot rejoignant même celui des chevaux contrôles non récompensés.

Ces données confirment l'hypothèse que l'action positive d'un renforcement alimentaire sur les performances et la relation à l'homme, démontrée par les travaux de Sankey et al. (2010, a, b, c) pourrait être médiée par une augmentation de l'attention des chevaux. L'utilisation d'une récompense alimentaire comme renforcement positif entraine une plus grande motivation des chevaux au travail et donc une augmentation de leur attention sélective envers l'entraineur et la tâche à apprendre. L'absence d'amélioration des performances et de relation à l'homme avec le grattage pourrait être liée au fait que cette action ne suscite pas une focalisation de l'attention du cheval, et au vue des résultats, entrainerait même une situation inconfortable pour les chevaux. L'absence de renforcement entraine aussi une diminution de l'attention pouvant mener vers un apprentissage plus long et moins efficace.

Nos études montrent donc que les actions à valence positive induisent une augmentation de l'attention du cheval, non seulement vers le stimulus concerné (ex : aliment) mais envers l'ensemble de la situation. L'attention étant un élément clé des processus d'apprentissage et de mémorisation (Beggin, 1991), une augmentation de l'attention du cheval peut expliquer l'augmentation de la performance au travail avec un renforcement alimentaire.

Du point de vue pratique des interactions cheval-cavalier, mieux connaître les facteurs de modulation de l'attention permet de revoir les pratiques de façon plus optimale : attitude humaine (attention de l'homme envers son cheval) utilisation de renforcement adapté (renforcement positif primaire délivré après un comportement désiré dans le cadre du travail), équitation dont particulièrement le débourrage, phase cruciale du début de travail monté.

Remerciements

Les auteurs remercient L. Wimel et le personnel de la station expérimentale de Chamberet ainsi que Pr. Jaworski et le personnel de la station de Popielno en Pologne. Ces études ont été cofinancées par le COST des Haras Nationaux (IFCE), la région Bretagne, le CNRS et l'université de Rennes1.

Références

Begin C. (1991). Le rôle de l'attention et de la concentration dans les études. Association québécoise de pédagogie, Montréal.

Fureix C., Sankey C., Vallet A.S., Andre N., & Hausberger M., 2011. Loin des yeux, loin du cœur ! Les chevaux sont-ils sensibles à l'état attentionnel de l'homme lors d'une interaction? In : 37ème Journées de la Recherche Equine

Sankey, C., Henry, S., Gòrecka-Bruzda A., Richard-Yris, M-A, Hausberger, M. (2010a) The way to a man's heart is through his stomach: what about horses? PLoSONE, 5(11), e15446.

Sankey C., Richard-Yris M-A., Leroy H., Henry S., Hausberger M. (2010b). Positive interactions lead to lasting positive memories in horses (*Equus caballus*). Animal Behaviour 79 (4): 869-875.

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Henry, S., Fureix, C., Nassur, F., & Hausberger, M. (2010c). Reinforcement as a mediator of the perception of humans by horses (*Equus caballus*). Animal Cognition, 13 (5): 753-764.

Sankey C., Henry S., Andre N., Richard-Yris M.A., Hausberger M. (2011). Do Horses Have a Concept of Person? PLoS ONE 6(3): e18331. doi:10.1371/journal.pone.0018331

ANNEXE 3

Compte rendu de la 41ème Journée de la Recherche Equine, 2015

Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique : liens avec un contexte de travail

C. Rochais[1], S. Henry[1], M. Sébilleau[1], M. Houdebine[1] & M. Hausberger [1,2]

[1]UMR 6552- Université de Rennes 1, Laboratoire d' Ethologie Animale et Humaine, Station biologique, 35380, Paimpont, France

[2]UMR 6552- CNRS-Université de Rennes 1, Laboratoire d' Ethologie Animale et Humaine, 263 avenue du général Leclerc, 35042, Rennes, France

41ème Journée de la Recherche Équine
Jeudi 12 mars 2015

Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique : liens avec un contexte de travail.

Par
C. Rochais[1], S. Henry[1], M. Sébilleau[1], M. Houdebine[1], M. Hausberger[1,2]
[1] Université de Rennes1- UMR 6552 CNRS- Ethologie Animale et Humaine, Station Biologique de Paimpont, 35380 Paimpont, France.
[2] CNRS-UMR 6552-Université de Rennes1- Ethologie Animale et Humaine, Bâtiment 25, Campus de Beaulieu, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes, cedex France.

Résumé
Bien qu'il soit admis que l'attention au travail varie d'un cheval à l'autre, nous ne disposions d'aucune mesure objective de cette capacité. Notre étude a donc consisté à développer un test d'attention visuelle. Afin de développer et valider notre test, une première étude a été réalisée sur 12 juments ayant été testées 2 fois à 6 mois d'intervalle. Les résultats indiquent des différences d'attention très marquées entre individus et stables dans le temps. Une deuxième série d'études a consisté à tester si les caractéristiques individuelles d'attention en contexte expérimental étaient prédictives d'attention et de performances au travail. Trois populations ont été étudiées et dans les trois cas, une corrélation positive a été identifiée entre les performances au travail et les caractéristiques attentionnelles lors du test d'attention. Les chevaux présentant une attention importante et fractionnée lors du test d'attention visuelle, obéissent mieux aux ordres lors d'un entrainement en longe, sont évalués comme étant plus concentrés au travail par leurs utilisateurs et sont plus performants en compétition. Le test développé apparaît donc comme un outil prometteur, permettant de confirmer l'existence de variations individuelles stables au cours du temps et prédictives de l'attention au travail.

Mots clés: Attention, différences individuelles, stabilité, équitation, compétition.

Summary
It is well admitted that some horses are more attentive than others at work, but no objective measure of attention has been done yet. This study aims at developing and validating an experimental test to assess visual attention in horses. In order to develop and validate our test, a first study was performed on 12 mares tested twice at 6 months interval. The results indicate differences of attention between individuals and were stable over time. A second series of studies was performed to evaluate whether the individual characteristics could be predictive of horses' attention and performances at work. Three populations were studied and in all three cases, positive correlations were identified between attention and performances at work and attentional characteristic in the test. Thus, horses with higher and split attention in the test, obeyed better in a lunge task, were assessed by riding teachers as being more attentive at work and had higher performance indices in competition. The visual attention test appears as a very promising tool, revealing the existence of stable individual variations over time in attention and predictive of horses' attention at work.

Key-words: Attentional state, individual differences, stability, riding practice, competition.

© Institut français du cheval et de l'équitation 2015

Introduction

L'attention peut être définie comme la capacité à se focaliser sur un stimulus donné tout en filtrant les stimulations non pertinentes de l'environnement (Posner *et al.,* 1980). Chez l'homme comme chez l'animal, l'attention se traduit par des variations comportementales et posturales (*i.e.* orientation des organes sensoriels vers le stimulus) (Bushnell, 1998).

Chez le cheval, l'attention spontanée exprimée en conditions naturelles est caractérisée par un gradient d'attention croissante, allant d'un simple mouvement d'oreilles à une orientation de l'ensemble des organes sensoriels vers le stimulus de l'environnement (Waring, 2003).

En contexte expérimental, la plupart des études s'étant penchées sur l'attention chez le cheval visent à identifier des variations attentionnelles du cheval en fonction des indices de communication et d'attention de l'homme, tels que les gestes (*e.g.* pointage), l'orientation du corps, de la tête et des regards (Maros *et al.,* 2008; Sankey *et al.,* 2011). D'autres études ont évalué les variations d'attention en fonction des contextes d'entrainement du cheval : l'utilisation d'un renforcement positif primaire (*i.e.* récompense alimentaire) permet une augmentation de l'attention des chevaux vers l'entraineur et ainsi vers la tâche à apprendre (Rochais *et al.,* 2013, 2014). Cette augmentation de l'attention améliore l'apprentissage et la mémoire d'une tâche donnée, mais aussi l'apprentissage et la mémoire des interactions positives expérimentées avec l'homme lors de l'entrainement (Sankey *et al.,* 2010a, 2010b). A notre connaissance, une seule étude a tenté de caractériser l'attention du cheval de manière quantitative, mettant en évidence un impact de l'âge sur la capacité à maintenir son attention au cours du temps (Rapin et *al.,* 2007).

L'attention apparait donc être un élément majeur dans les processus d'apprentissage et de mémorisation (Cowan, 1997). Chez le cheval, elle constitue un élément crucial dans l'éducation, l'entrainement, au travail et particulièrement en compétition. La qualité d'attention du cheval est un élément clé de succès dans toute discipline, du loisir à la performance sportive de haut niveau. Bien qu'il soit admis que l'attention au travail varie d'un cheval à l'autre, nous ne disposions d'aucune mesure objective de cette capacité. Notre étude a donc consisté à développer un test d'attention (ici visuelle) qui pourrait permettre de comparer les chevaux entre eux, de quantifier ces différences et d'en voir l'applicabilité en contexte de travail. Trois études ont été menées sur des populations très différentes (poulinières/chevaux de compétition/chevaux de centre-équestre) qui ont visé à examiner les différences individuelles d'attention, en évaluer la stabilité au cours du temps, puis en tester la validité en contexte de travail.

1. Caractérisation de l'attention : Différences individuelles et stabilité au cours du temps

1.1 Matériel et méthodes

1.1.1 Animaux

Afin de développer et valider un test d'attention visuelle, douze poulinières âgées de 5 à 17 ans (X±ES=8,9±1,1 ans), de race Anglo-arabe (n=10) ou Selle français (n=2) ont été testées à 6 mois d'intervalle (session 1 : avril 2013; session 2 : novembre 2013). Toutes les juments étaient nées et maintenues dans des conditions similaires à la Station Experimentale de Chamberet (SEHN, IFCE). Les juments vivaient en groupe social au pré de mai à octobre ou dans de grandes stabulations de novembre à avril. Les juments étaient logées en boxes individuels (4x4m) quelques jours avant et après la période de poulinage. Lors de la première session de test, toutes les juments étaient vides alors que dix d'entre elles étaient à 5 mois de gestation lors de la deuxième session de test.

1.1.2 Procédure expérimentale

Le test d'attention visuelle (VA test) consistait à diffuser un stimulus visuel non familier et mobile dans l'environnement habituel des chevaux (*i.e.* au box). La procédure était la suivante :

- L'expérimentateur entrait dans le box et équipait le cheval d'un licol, posait la longe du licol sur l'encolure du cheval et plaçait le cheval doucement devant la porte du box.
- Le cheval n'était pas tenu et était donc libre de ses mouvements. L'expérimentateur restait debout, immobile, les bras le long du corps, sur le côté gauche du cheval, face à la porte du box (Fig. I).

- Après 2 minutes d'habituation à la présence humaine et lorsque le cheval était placé face à la porte, l'expérimentateur diffusait une lumière à l'aide d'un pointeur laser, et effectuait des mouvements standardisés verticaux, horizontaux et circulaires sur la porte du box du cheval.

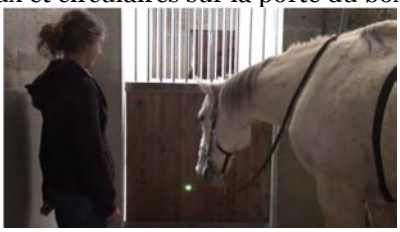


Figure I **:** Test d'attention visuelle : le cheval est attentif en orientant son regard, ses oreilles, sa tête et son encolure vers le stimulus lumineux.

Visual attention test: horses' attention correspond to gaze, ears, head and neck orientation towards the light stimulus.

Afin d'identifier des caractéristiques individuelles, chaque jument a été testée individuellement pendant 5 minutes par jour et ce pendant 3 jours consécutifs. Pour évaluer une stabilité de l'état attentionnel au cours du temps, la même session de test a été réalisée à nouveau 6 mois plus tard.

L'attention globale des chevaux vers le stimulus visuel a été mesurée en utilisant la méthode du *continuous focal sampling* (Altmann, 1974): tous les regards de l'individu vers le stimulus ont été notés pendant les 5 minutes de test. Le temps de réaction (*i.e.* temps, en secondes, entre le premier mouvement du stimulus et le premier regard du cheval vers le stimulus) a été relevé. Si un individu n'était pas du tout attentif au stimulus pendant le test, un score de 300 secondes (*i.e.* 5 minutes) de temps de réaction lui était attribué.
Les regards étaient différenciés des coups d'œil par leur orientation fixe vers le stimulus d'au moins 1 seconde (Blois-Heulin, 1999). L'utilisation du champ visuel monoculaire était définie par une orientation de la tête de l'individu d'au moins 45° vers la droite ou vers la gauche avec les yeux orientés vers le stimulus alors que l'utilisation du champ binoculaire correspondait à une orientation droite de la tête et des yeux vers le stimulus (Sankey *et al.,* 2011).
La structure de l'attention globale des chevaux a été caractérisée par le nombre de séquences d'attention (*i.e.* nombre de fois ou l'individu regardait vers le stimulus au cours des 5 minutes de test), la durée de ces séquences ainsi que leur fragmentation (ratio nombre de séquences d'attention/durée totale d'attention). La durée totale d'attention (*i.e.* somme de toutes les séquences de regard vers le stimulus) a ensuite été évaluée.
Au sein de cette attention globale, une autre forme d'attention a pu être distinguée : l'attention « fixe », caractérisée par une orientation fixe de tous les organes sensoriels vers le stimulus (*i.e.* utilisation du champ binoculaire, orientation des deux oreilles vers le stimulus et immobilité complète du corps du cheval). La durée totale d'attention « fixe » ainsi que sa structure ont aussi été relevées.

1.2 Résultats

1.2.1 Premier jour de test (J1)

Lors du premier jour de test toutes les juments ont regardé le stimulus au moins une fois. L'expression d'attention fixe a été identifiée chez toutes les juments, sauf une. Les temps de réaction étaient très courts pour la plupart des juments mais ils pouvaient varier de 0.8 à 168.0 secondes (X±ES= 17.9±47.7s) (Tableau 1). La durée totale d'attention globale variait de 8.0 à 172.0 secondes (X±ES= 45.8±45.3s), comprenant de 2.0 à 28.0 séquences d'attention (X±ES= 12.3±2.2), d'une durée moyenne de 1.0 à 6.6 secondes (X±ES= 3.7±2.0s). Le ratio nombre de séquence / durée totale d'attention variait de 0.2 à 1.1 (X±ES= 0.4±0.1 nb/s).

Tableau 1 : Caractéristiques et variations individuelles d'attention globale lors du test d'attention visuelle
Overall attention characteristics and individual variations during visual attention test

	Temps de réaction (s)	Nombre de séquence (#)	Durée des séquences (s)	Durée totale d'attention (s)	Nombre de séquence / durée totale (Nb/s)
Moyenne ±ES	17.9±47.7	12.3±2.2	3.7±2.0	45.8±45.3	0.4±0.1
CV (%)	266.0	61.3	54.5	98.9	65.0
Min	0.1	2.0	1.0	8.0	0.2
Max	168.0	28.0	6.6	1.1	172.0

La durée totale d'attention fixe variait de 0.0 à 56.6 secondes (X±ES= 12.3±16.4s), comprenant de 0.0 à 22.0 séquences d'attention (X±ES= 5.5±6.6), ayant une durée moyenne de 0.0 à 3.2 secondes (X±ES= 1.8±0.8s). Le ratio nombre de séquence / durée totale d'attention variait de 0.2 à 1.1 (X±ES= 0.4±0.1 nb/s).
Globalement, de fortes variations individuelles (*i.e.* CV : coefficient de variation) ont été identifiées pour le temps de réaction vers le stimulus, la durée totale d'attention globale et fixe. A l'inverse, la structure de l'attention (*i.e.* nombre et durée des séquences) apparait plus homogène au sein de la population étudiée (tableau 1).

1.2.2 Variation et stabilité de l'attention au cours des différents jours de test

Les temps de réaction n'ont pas différé au cours des jours de test (J1, J2, J3). L'ensemble des autres mesures attentionnelles (*i.e.* durée totale d'attention, nombre, durée et fragmentation des séquences) a diminué au cours des jours de test (Test de Friedman et de Wilcoxon, $p<0.05$ pour tous), suggérant une habituation des chevaux vers le stimulus mais aussi une mémorisation du stimulus visuel. Une stabilité des mesures d'attention est majoritairement apparue entre le second et le troisième jour de test (Test de corrélation de Spearman: J2/J3 : durée totale: rs=0.72, p=0.009; nombre de séquence: rs=0.70, p=0.011; durée des séquences: rs=0.82, p=0.012; ratio nombre de séquence/ durée totale d'attention: rs=0.66, p=0.017) suggérant un impact de la nouveauté du stimulus et / ou de la situation sur le comportement des chevaux lors du premier jour de test.

1.2.3 Stabilité de l'attention au cours du temps : 6 mois plus tard

Bien que l'attention des juments soit diminuée dans cette deuxième session de test, révélant une mémoire de l'expérimentation, toutes les mesures individuelles sont corrélées. Les différences individuelles d'attention observées en 1ère session sont confirmées et stables au cours du temps. (Fig. II).

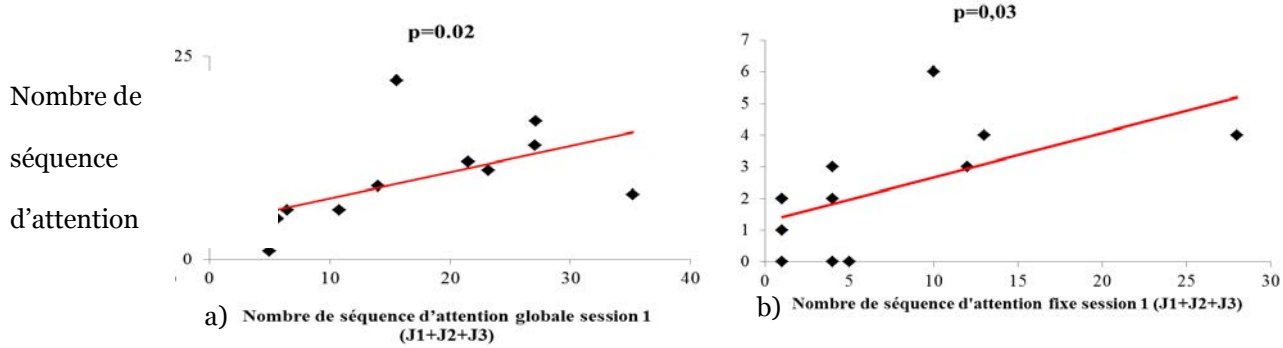


Figure II: Corrélation entre le nombre de séquences d'attention a) globale, b) fixe lors de la première session de test (J1+J2+J3) et le nombre de séquences lors de la deuxième session de test (J1'+J2'+J3') (Test de corrélation de Spearman)
*Correlation between the number of a) overall and b) fixed attention seq*uences during the first test se*ssion* (D1+D2+D3) and the number of attention sequence in the second test session (D1'+D2'+D3') (Spearmans' correlation test)

Conclusion : Cette méthodologie nous a permis d'identifier des indicateurs pertinents de l'attention du cheval dans un contexte expérimental et ainsi de caractériser, tant de manière qualitative que quantitative, cette fonction cognitive. Des différences individuelles stables au cours du temps ont pu être identifiées suggérant un impact de caractéristiques intrinsèques du cheval. Ce test expérimental apparait être un outil prometteur, simple à réaliser et donc applicable partout. De cette manière, cet outil permettra la comparaison des chevaux entre eux. Sa pertinence a été validée par un autre test expérimental appliqué aux mêmes juments (Rochais *et al.,* in prep). L'utilisation de cet outil permettra de proposer des choix d'animaux (*e.g*. adaptés pour une discipline donnée), des stratégies d'éducation (*e.g*. durée des séances d'entrainement) permettant de promouvoir l'attention du cheval au travail et donc la valorisation des animaux.

2. Les mesures expérimentales de l'attention sont-elles prédictives des performances au travail ?

2.1 Travail en longe

2.1.1 Méthodes

Les 12 juments de Chamberet testées précédemment (*cf* 1.1.) ont été travaillées en longe pour la première fois par un longeur expérimenté (*i.e*. les juments n'étaient pas habituées à être longées), et ce, 5 minutes par jour, 5 jours par semaine, pendant 2 semaines (*i.e*. total de 10 sessions de travail en longe). Chaque session de travail consistait à ce que les juments répondent aux ordres vocaux de l'expérimentateur : 1) « au pas » : 1 tour au pas, 2) « trot » : 1 tour au trot, 3) « au pas » : retour au pas, 1 tour au pas, 4) « stop » : arrêt, 5) « reste » : maintien de l'immobilité. Le maintien de l'immobilité était récompensé par une récompense alimentaire.
Le comportement des juments a été relevé lors de la dernière session d'entrainement (*i.e*. lorsque toutes les juments avaient eu le même nombre d'entrainement). Un accent a été placé sur un comportement particulier reflétant l'inattention (Kienapfel *et al.,* 2014, André *et al.,* en prep) : les changements d'allures ascendants soudains et non demandés (*e.g*. départ galop au lieu du trot) ayant été exprimé par l'ensemble des individus testés.

2.1.2 Résultats

Toutes les juments ont exprimé des changements d'allures ascendants lors de leur dernière session d'entrainement, et ce de 1 à 16 fois (X±SE=3.1±1.3). Une corrélation négative a été identifiée entre la durée totale d'attention lors du test d'attention visuelle (J1+J2) et le nombre de changements d'allure ascendants (test de corrélation de Spearman, N=12, rs=-0.59, $p<0.05$). Plus les juments étaient attentives lors du test d'attention visuelle, plus elles étaient attentives et obéissantes lors de la dernière session de travail en longe.

Conclusion : Plus les chevaux étaient attentifs vers le stimulus visuel lors du test d'attention visuelle, plus ils étaient attentifs et obéissants lors d'un travail en longe (*i.e*. moins ils exprimaient de comportements reflétant l'inattention). L'évaluation de l'attention du cheval en contexte expérimental pourrait donc prédire l'attention des chevaux lors des séances de travail.

2.2 Travail en reprise d'équitation: évaluation par les utilisateurs

2.2.1 Méthodes

Les caractéristiques attentionnelles de 15 chevaux de centre équestre (12 hongres et 3 juments), âgés de 5 à 18 ans (X±ES =11.9±1.3 ans), principalement de race Selle Français (67%), ont été évaluées à l'aide du test d'attention visuelle décrit précédemment (*cf* 1.2.). Tous les chevaux provenaient d'un même centre équestre où ils vivaient en boxes individuels de 3x3m et étaient nourris de granulés 3 fois par jour (7h, 12h, 19h) et de foin 1 fois par jour (13h). Les chevaux étaient montés tous les jours, à raison de 6 à 10 heures par semaine, dans des cours d'équitation impliquant des jeunes cavaliers débutants et confirmés.

Dans un premier temps, les caractéristiques attentionnelles des chevaux ont été évaluées *via* le test d'attention visuelle (VA test) décrit précédemment (*cf* 1.2). Chaque cheval a été testé 5 minutes par jour pendant deux jours successifs. Dans un second temps, l'évaluation de l'attention des chevaux lors des séances d'équitation a été réalisée *via* des questionnaires soumis aux deux enseignants du centre équestre (*i.e*. deux

monitrices, travaillant au centre équestre depuis au moins un an, impliquées dans les cours d'équitation au quotidien). Les monitrices ont rempli un questionnaire par cheval, chacun comprenant 16 questions reflétant la distraction/la concentration ($n_{question}$=8) et la désobéissance/l'obéissance ($n_{question}$=8) du cheval au travail (Annexe 1). Chaque question a été posée dans un sens positif et négatif et était dispersée au hasard parmi toutes les questions (Le Scolan *et al.,* 1997). Les monitrices devaient cocher des cases allant de « jamais » à « toujours » menant vers un score de 0 (traduisant la distraction/la désobéissance) à 3 (traduisant la concentration/l'obéissance) pour chaque question. Plus le score était élevé, plus le cheval était considéré comme concentré/obéissant au travail reflétant son état attentionnel global. La somme de chaque score issu de chaque question a permis d'obtenir un score de concentration total (*i.e.* somme des 8 questions, compris entre 0 et 24) ainsi qu'un score d'obéissance total (*i.e.* somme des 8 questions, compris entre 0 et 24). Par exemple, un cheval n'ayant que des scores de 3 pour chaque question pouvait obtenir un score total de concentration de 24 ainsi qu'un score total d'obéissance de 24.

2.2.2 Résultats

L'attention fixe (*cf* 1.2) exprimée lors du premier jour du VA test était fortement corrélée avec l'évaluation de l'attention des chevaux par les monitrices. Une corrélation positive a été identifiée entre le nombre de séquences fixes, la durée totale d'attention fixe et le score total de concentration au questionnaire (test de corrélation de Spearman, N=15, *nombre de séquences fixes*: rs=0.67, p<0.01; *durée totale d'attention fixe*: rs=0.63, p<0.01) (Fig. III). Plus les chevaux présentaient des durées totales d'attention importantes et donc un nombre de séquence d'attention fixe important, plus ils étaient décrits comme attentifs par les monitrices. Aucun lien n'a été identifié entre les caractéristiques attentionnelles en contexte expérimental et le score d'obéissance issu des réponses au questionnaire.

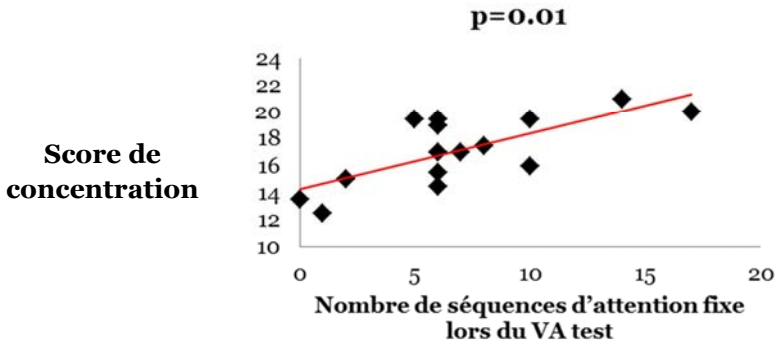


Figure III : Corrélation entre le nombre de séquences d'attention fixe lors du premier jour du test d'attention visuelle (VA test) et le score de concentration issu des réponses aux questionnaires remplis par les monitrices du centre équestre. Plus le score est important, plus les chevaux sont décrits comme concentrés lors des séances d'équitation (Test de corrélation de Spearman).

Correlation between the number of fixed attention sequences in day 1 in the VA test and concentration score from riding teachers' assessment. The higher the score was, the more horses were assessed as concentrated during riding lessons (Spearmans' correlation test).

Conclusion : Plus les chevaux étaient attentifs vers le stimulus visuel, de manière fixe (*i.e.* utilisation du champ binoculaire, oreilles, tête, encolure dirigées vers le stimulus et immobilité du corps du cheval) et fragmentée (*i.e.* nombre de séquences d'attention important), plus ils étaient décrits comme « concentrés », « attentifs », par les enseignants du centre équestre. La structure de l'attention pourrait être un indicateur des performances des chevaux lors des séances d'équitation. L'évaluation de l'attention du cheval en contexte expérimental pourrait donc prédire l'attention des chevaux lors des séances d'équitation.

2.3 Travail en compétition: liens avec les indices de performances

2.3.1 Méthodes

Les caractéristiques attentionnelles de 17 chevaux de compétition (10 hongres et 7 juments), âgés de 7 à 12 ans (X±ES =8.1±1.6 ans), de race Selle Français (n=13) ou Anglo-Arabes (n=4), ont été évaluées à l'aide du test d'attention visuelle décrit précédemment (*cf* 1.2). Tous les chevaux étaient entrainés à l'Ecole Nationale d'Equitation de Saumur (ENE, IFCE), soit pour des compétitions de saut d'obstacle (n_{CSO}=10) ou de concours complet (n_{CCE}=7). Les chevaux vivaient en boxes individuels de 3x3m et étaient nourris de granulés 3 fois par jour (7h, 11:30h, 17h) et de foin 2 fois par jour (entre 8 et 9h et entre 14 et 16h). Les chevaux étaient montés tous les matins et parfois sortis au paddock ou au marcheur l'après-midi.

Dans un premier temps, les caractéristiques attentionnelles des chevaux ont été évaluées *via* le test d'attention visuelle (VA test) décrit précédemment (*cf* 1.2). Chaque cheval a été testé 5 minutes par jour pendant deux jours successifs. Dans un second temps, les indices de performance en compétition de chaque cheval ont été mis en relation avec les caractéristiques attentionnelles lors du VA test. L'indice de performance (ISO pour les chevaux de CSO et ICC pour les chevaux de CCE) de chaque cheval a été renseigné *via* le site internet des Haras nationaux.

2.3.2 Résultats

Lors du premier jour du VA test, les chevaux de CCE présentaient des séquences d'attention globale plus courtes que les chevaux de CSO (Mann-Whitney U-test, N_{CCE}=7, N_{CSO}=10, X_{CCE}: 2.3±0.2; X_{CSO}: 3.3±0.3; U= 7; p= 0.005) et des ratio nombre de séquence / durée totale d'attention plus importants (Mann-Whitney U-test, N_{CCE}=7, N_{CSO}=10, X_{CCE}: 0.4±0.04; X_{CSO}: 0.3±0.02; U= 8; p= 0.007) par rapport aux chevaux de CSO. Aucune différence n'est apparue en termes de durée totale d'attention (Mann-Whitney U-test, N_{CCE}=7, N_{CSO}=10, X_{CCE}: 24.3±10.0; X_{CSO}: 21.7±3.7; U= 29; p= 0.6).Le même pattern a été retrouvé lors du deuxième jour de test.

Pour tous les chevaux, les indices de performances en compétition étaient compris entre 104 et 144 (X±ES = 125.0±2.6). De manière intéressante, pour les chevaux de CCE, une corrélation positive a été identifiée entre le nombre de séquences d'attention lors du premier jour de test et le dernier indice de performance (Test de corrélation de Spearman, N=7, rs=0.73, p=0.059) suggérant que plus les chevaux ont une fragmentation de leur attention importante, plus leur indice de performance est élevé (Fig. IV). Aucun lien n'a été identifié entre les caractéristiques attentionnelles des chevaux de CSO et leur indice de performance en compétition.

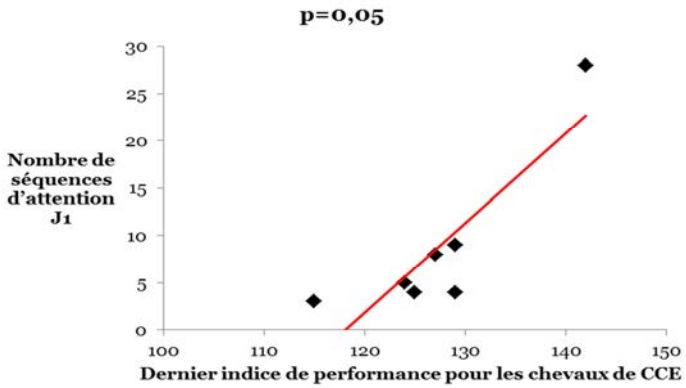


Figure IV : Corrélation entre le nombre de séquences d'attention lors du premier jour du test d'attention visuelle (VA test) et le l'indice de performance en compétition pour chaque cheval de concours complet d'équitation (N_{CCE}=7) (Test de corrélation de Spearman).

Correlation between the number of overall attention sequences in day 1 in the VA test and the eventing horses' performance index in competition (N_{CCE}=7) (Spearmans' correlation test).

Conclusion : La structure de l'attention des chevaux lors du test d'attention visuelle diffère en fonction de la discipline effectuée par les chevaux. Les chevaux de concours complet ont des séquences d'attention plus courtes par rapport aux chevaux de saut d'obstacle. Au sein des chevaux de concours complet, plus les chevaux avaient un nombre de séquence d'attention important, plus leur indice de performance en compétition était élevé. La structure de l'attention pourrait être prédictive des performances des chevaux en compétition. Le test d'attention visuel permet donc la mise en évidence de l'impact de facteurs de modulation extrinsèques de l'état attentionnel du cheval (*i.e.* discipline pour laquelle le cheval est entrainé) et d'identifier des caractéristiques individuelles prédictives de meilleures performances en compétition. Cette étude serait donc à poursuivre en testant un nombre plus conséquent d'individu, mais ces résultats semblent très prometteurs.

Discussion générale

L'ensemble de ces études confirme l'existence de variations individuelles d'attention stables au cours du temps et prédictives de l'attention du cheval au travail.

Le développement du test d'attention visuelle a permis d'identifier des indicateurs fiables et stables de l'attention du cheval. Les regards apparaissent être un élément crucial pour traduire l'attention de l'animal. Cependant, l'orientation de l'attention chez le cheval s'avère être bimodale : l'utilisation du champ visuel binoculaire (modalité visuelle), est associée à une posture des oreilles (modalité auditive), de la tête et de l'encolure orientée vers le stimulus, de manière fixe. Quand l'attention implique plus d'une modalité, elle reflète une attention plus soutenue, ce qui se reflète aussi dans certaines situations de travail. Observer l'individu dans sa globalité (*i.e.* orientation et postures des différents organes sensoriels et de l'ensemble du corps) apparait être la méthodologie la mieux adaptée pour caractériser l'attention de l'animal.

Ainsi, différentes formes / qualités d'attention ont été distingués : 1) l'attention « globale ». Cette forme d'attention pourrait correspondre à l'attention focalisée définie chez l'homme comme la capacité à percevoir et répondre à des stimuli discrets de l'environnement ; 2) l'attention « fixe ». Cette forme pourrait correspondre à l'attention soutenue / la vigilance définie chez l'homme comme la capacité à maintenir une réponse comportementale constante vers un stimulus de l'environnement (Sohlberg & Mateer, 2001).

Outre des distinctions qualitatives de l'attention, des mesures temporelles peuvent permettre de caractériser l'attention de manière quantitative. En premier lieu, la mesure du temps de réaction a indiqué la capacité des chevaux à orienter leur attention vers le stimulus de manière très rapide (majoritairement inférieur à 5 secondes) reflétant la capacité du cheval à percevoir les stimuli de l'environnement rapidement (Lemasson *et al.,* 2009).

Dans un second temps, la structure de l'attention semble s'articuler autour de séquences d'attention courtes (majoritairement inférieures à 4 secondes), ouvrant des pistes de réflexion quant à l'organisation des séances d'entrainement pour maintenir un cheval attentif.

Le nombre de séquence d'attention était relativement homogène au sein de notre population. Ces deux caractéristiques (*i.e.* temps de réaction et nombre de séquence) pourraient donc être représentatives de l'espèce. Par ailleurs, certaines mesures indiquent des caractéristiques individuelles. En effet, certains individus présentaient des durées totales d'attention vers le stimulus moindres par rapport à d'autres. De ces durées totales d'attention dépendent aussi le nombre et la durée des séquences d'attention. Or, malgré des durées totales d'attention variables parmi les individus testés, le nombre de séquence d'attention était relativement homogène au sein de notre population. Ainsi, certains individus tendent à plus fragmenter leur attention (*i.e.* expression de séquences d'attention courtes et nombreuses) que d'autres.

Les différences interindividuelles de qualité (*i.e.* expression ou non d'attention fixe), de quantité (*i.e.* durée d'attention) et de structure (*i.e.* fragmentation de l'attention) d'attention se sont révélées stables au cours du temps suggérant un impact de caractéristiques individuelles intrinsèques sur l'attention du cheval.

Les différences individuelles d'attention identifiées en contexte expérimental semblent se refléter au travail, que ce soit lors de travail à pied (*i.e.* travail en longe), lors des séances d'équitation (*i.e.* reprise d'équitation

pour débutants et confirmés) ou en compétition (*i.e.* performances en concours complet d'équitation). Les indicateurs de l'attention en contexte expérimental semblent être prédictifs de l'attention des chevaux au travail, lorsque celle-ci est évaluée par des observations directes, *via* des questionnaires ou par l'intermédiaire d'indices de performances. Ces liens entre différentes méthodes pour caractériser l'attention des chevaux assoient notre méthodologie expérimentale. Par ailleurs, une structure de l'attention articulée autour de séquences courtes et nombreuses, mais aussi une forme d'attention plus soutenue (*i.e.* attention fixe) s'avèrent être les variables les plus prédictives de meilleurs performances au travail.

L'équitation pourrait être un facteur de modulation de l'état attentionnel du cheval au vu des différences de caractéristiques attentionnelles entre disciplines. Néanmoins, à ce stade nous ne pouvons pas distinguer les effets du travail ceux de la sélection éventuelle pour ce travail (Hausberger et al., 2004). Les travaux futurs pourront viser à éclaircir cette question.

Cette méthodologie permet donc d'identifier les caractéristiques attentionnelles des chevaux de manière simple, non invasive, pouvant être utilisée dans différents contextes, pour pouvoir caractériser l'attention d'un plus grand nombre de chevaux, identifier l'impact de facteurs intrinsèques (*e.g.* âge) et extrinsèques (*e.g.* discipline d'équitation) sur l'attention du cheval et prédire dans une certaine mesure l'attention et la performance des chevaux au travail. L'utilisation de cet outil permettra de proposer des choix d'animaux (*e.g.* adaptés pour une discipline donnée), des stratégies d'éducation (*e.g.* durée des séances d'entrainement) permettant de promouvoir l'attention du cheval au travail et ainsi la valorisation des animaux. D'autres résultats (Rochais *et al.,* en prep) indiquent que les facteurs environnementaux et l'état de bien être peuvent influer également sur ces capacités telles que mesurées par ce test. L'ensemble de ces résultats indique que 1) l'attention peut être un critère d'intérêt dans le choix d'un animal, 2) que l'environnement offert doit être optimisé pour les favoriser car 3) elle pourrait bien être cruciale pour la performance du cheval au travail.

Remerciements

Les auteurs remercient Laurence Wimel et tout le personnel de la station expérimentale de l'Ifce à Chamberet. Nous remercions Sophie Biau et tout le personnel (soigneurs, cavaliers) de l'Ecole Nationale d'Equitation de nous avoir ouvert les portes de l'ENE et laissé manipuler leurs chevaux. Nous remercions Claire Dufeux et toute l'équipe de l'ATH à Laval pour nous avoir ouvert les portes de leur établissement. Ces études ont été cofinancées par l'Institut Francais du Cheval et de l'Equitation (IFCE), le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (MESR), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'Université de Rennes1.

Références

Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour* 49, 227–266. doi:10.1163/156853974X00534.

André, V., Vallet, A.S., Henry, S., Hausberger, M. (en prep) Are humans and horses equally sensitive to each other's emotional state during a leading task?

Blois-Heulin, C. (1999). Variability in Social Visual Attention in the Red-Capped Mangabey *(Cercocebus torquatus torquatus)* and the Grey-Cheeked Mangabey *(Cercocebus albigena albigena). Folia Primatol. (Basel)* 70, 264–268. doi:10.1159/000021705.

Bushnell, P. J. (1998). Behavioral approaches to the assessment of attention in animals. *Psychopharmacology (Berl.)* 138, 231–259. doi:10.1007/s002130050668.

Cohen, L. B. (1972). Attention-Getting and Attention-Holding Processes of Infant Visual Preferences. *Child Dev.* 43, 869–879. doi:10.2307/1127638.

Cowan, N. (1997). *Attention and Memory*. Oxford University Press.

Hausberger, M., Bruderer, C., Le Scolan, N., and Pierre, J.-S. (2004). Interplay between environmental and genetic factors in temperament/personality traits in horses (*Equus caballus*). *J. Comp. Psychol. Wash. DC 1983* 118, 434–446. doi:10.1037/0735-7036.118.4.434.

Lemasson, A., Boutin, A., Boivin, S., Blois-Heulin, C., and Hausberger, M. (2009). Horse (*Equus caballus*) whinnies: a source of social information. *Anim. Cogn.* 12, 693–704. doi:10.1007/s10071-009-0229-9.

Maros, K., Gácsi, M., and Miklósi, Á. (2008). Comprehension of human pointing gestures in horses (Equus caballus). *Anim. Cogn.* 11, 457–466. doi:10.1007/s10071-008-0136-5.

Posner, M. I., Snyder, C. R., and Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *J. Exp. Psychol. Gen.* 109, 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160.

Rapin, V. Rapin, Poncet, P. A. Poncet, Burger, D. Burger, Mermod, C. Mermod, Hausberger, M. Hausberger, et al. (2007). Mesure de la durée d'attention chez le cheval. *Schweiz. Arch. Für Tierheilkd.* 149, 77–83. doi:10.1024/0036-7281.149.2.77.

Rochais, C., Henry, S., Sébilleau, M., Houdebine, M., Hausberger, M., (en prep). Environmental factors of attention modulation in domestic horses (*Equus caballus*)

Rochais, C., Henry, S., Bec, P., Houdebine, M., Hausberger, M., (en prep). Performances in the 5-choice serial reaction time task in domestic horses (*Equus caballus*): what do they tell us about attentional state?

Rochais, C., Brajon, S., Henry, S., Sankey, C., Górecka-Bruzda, A., Hausberger, M. (2013). « attention les yeux, impact du l'utilisation d'un renforcement sur l'attention visuelle du cheval ». 39ème Journée de la Recherche Equine.

Rochais, C., Henry, S., Sankey, C., Nassur, F., Góracka-Bruzda, A., and Hausberger, M. (2014). Visual attention, an indicator of human-animal relationships? A study of domestic horses (*Equus caballus*). *Front. Psychol.* 5, 108. doi:10.3389/fpsyg.2014.00108.

Sankey, C., Henry, S., André, N., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2011). Do Horses Have a Concept of Person? *PLoS ONE* 6, e18331. doi:10.1371/journal.pone.0018331.

Sankey, C., Henry, S., Górecka-Bruzda, A., Richard-Yris, M.-A., and Hausberger, M. (2010a). The Way to a Man's Heart Is through His Stomach: What about Horses? *PLoS ONE* 5, e15446. doi:10.1371/journal.pone.0015446.

Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Leroy, H., Henry, S., and Hausberger, M. (2010b). Positive interactions lead to lasting positive memories in horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* 79, 869–875. doi:10.1016/j.anbehav.2009.12.037.

Le Scolan, N., Hausberger, M., and Wolff, A. (1997). Stability over situations in temperamental traits of horses as revealed by experimental and scoring approaches. *Behav. Processes* 41, 257–266. doi:10.1016/S0376-6357(97)00052-1.

Sohlberg, M. M., and Mateer, C. A. (2001). Improving Attention and Managing Attentional Problems. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 931, 359–375. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb05790.x.

Waring, G. H. (2003). *Horse Behavior*. Noyes Publications/William Andrew Pub.

ANNEXE 4

Questionnaire sur l'attention du cheval

Cheval n°1 :

	jamais	rarement	souvent	toujours
1. En ballade il regarde autour de lui	☐	☐	☐	☐
2. Il faut lui répéter plusieurs fois les choses lors du travail à pied	☐	☐	☐	☐
3. En ballade, il trébuche	☐	☐	☐	☐
4. Il n'a pas peur des objets inhabituels	☐	☐	☐	☐
5. Il apprend facilement quelque chose de nouveau	☐	☐	☐	☐
6. En reprise, il ne repasse pas facilement à l'allure demandée par le moniteur	☐	☐	☐	☐
7. Il répond lorsqu'un autre cheval hennit	☐	☐	☐	☐
8. Il bouge au pansage	☐	☐	☐	☐
9. Au travail il est attentif au cavalier	☐	☐	☐	☐
10. Tenu en main, il fait attention ou il met les pieds	☐	☐	☐	☐
11. En promenade il tourne peu la tête	☐	☐	☐	☐
12. Monté, il est froid à la jambe	☐	☐	☐	☐
13. Il ne réagit pas à la voix au travail	☐	☐	☐	☐
14. Au pré ou au box, il réagit quand on l'appelle par son nom	☐	☐	☐	☐
15. Il est facilement distrait au travail	☐	☐	☐	☐
16. Il a une bouche fine	☐	☐	☐	☐
17. Il exécute facilement les ordres du cavalier même s'il y a du bruit	☐	☐	☐	☐
18. Il hennit rarement	☐	☐	☐	☐
19. Au travail, il a du mal à apprendre de nouveaux exercices	☐	☐	☐	☐
20. Tenu en main, il s'arrête facilement lorsqu'on lui demande	☐	☐	☐	☐
21. Il ne lève pas la tête lorsqu'on l'appelle	☐	☐	☐	☐
22. Il bouge peu au box	☐	☐	☐	☐
23. En promenade, il a le pied sûr	☐	☐	☐	☐
24. Il n'est pas réactif aux actions de main	☐	☐	☐	☐
25. Au travail il tourne la tête quand il entend du bruit	☐	☐	☐	☐
26. Il marche sur les pieds du cavalier/soigneur par inadvertance	☐	☐	☐	☐
27. Monté il s'arrête facilement	☐	☐	☐	☐
28. Monté, il écoute bien lorsqu'on lui parle	☐	☐	☐	☐
29. Il démarre tout de suite quand on met les jambes	☐	☐	☐	☐
30. En reprise, il répond aux ordres du moniteur	☐	☐	☐	☐
31. Il met du temps à s'arrêter au travail	☐	☐	☐	☐
32. Il fait des écarts	☐	☐	☐	☐

ANNEXE 5

Bilan professionnel

Bilan professionnel

Liste des publications

Publications dans des revues internationales avec comité de lecture

1. **Rochais C**, Henry S, Sankey C, Nassur F, Górecka-Bruzda A, and Hausberger M. (2014). Visual attention as an indicator of human-animal relationships: a study in domestic horses (*Equus caballus*). Frontiers in comparative psychology, 5:108, doi: 10.3389/fpsyg.2014.00108

2. Fureix C., Beaulieu C., Argaud S., **Rochais C**., Quinton M., Henry S., Hausberger M., Mason G. (2015) Investigating anhedonia in a non-conventional species: do some horses (*Equus caballus)* display symptoms of depression? Applied Animal Behaviour Science. 162 (26-36).

3. Blois-Heulin C, **Rochais C**, Camus S, Fureix C, Lemasson A, Lunel C, Bézard E, M. Hausberger. (2015) Animal welfare : could adult play be a false friend ? Animal Behavior and Cognition.

4. Camus, S. M. J., **Rochais, C.**, Blois-Heulin, C., Li, Q., Hausberger, M., & Bezard, E. (2013). Birth origin differentially affects depressive-like behaviours: Are captive-born cynomolgus monkeys more vulnerable to depression than their wild-born counterparts? *PLoS ONE, 8,* e67711

5. Camus, S. M. J., **Rochais, C.**, Blois-Heulin, C., Li, Q., Hausberger, M., & Bezard, E. (2014). Depressive-like behavioral profiles in captive-bred single and socially-housed rhesus and cynomolgus macaques : a species comparison. Frontiers in behavioral neuroscience 8:4. doi: 10.3389/fnbeh.2014.00047

Publications en révision ou soumises

1. Rochais C, Henry S, Fureix C, Beaulieu C, Hausberger M. Investigating attentional processes in depression-like domestic horses.

2. Brajon S, **Rochais C**, Sankey C, Henry S, Hausberger M. Human directed attention is promoted by positive reinforcement in domestic horses (*Equus caballus*).

Manuscrits en préparation

1. **Rochais C**, Henry S, Houdebine M, Hausberger M. How do domestic horses (*Equus caballus*) pay attention? Characterization of visual attention.

2. **Rochais C**, Henry S, Houdebine M, Bec P, Hausberger M. Visual attention test in domestic horses (*Equus caballus*): what's predicted in others contexts?

3. **Rochais C**, Henry S, Hausberger M. How do domestic horses (*Equus caballus*) pay attention towards auditory stimuli?

4. **Rochais C**, Henry S, Sébilleau M, Houdebine M, Hausberger M. Impact of life conditions on horses' attentional characteristics

5. **Rochais C**, Henry S, Beaulieu C, Hausberger M. An experimental test to predict attention at work in domestic horses (*Equus caballus*).

6. **Rochais C**, Henry S, Beaulieu C, Hausberger M. Predicting distractibility at work: a study in domestic horses (*Equus caballus*).

7. **Rochais C**, Henry S, Sébilleau M, Hausberger M. Attention and performance in sport horses: What modulating factors involved?

Publications (avec comité de lecture) dans des actes de colloque

1. Rochais C, Henry S, Sébilleau M, Houdebine M, Hausberger M. (2015). « Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique : liens avec un contexte de travail ». 41ème Journée de la Recherche Equine, Paris (France), 12 Mars.

2. Rochais C, Brajon S, Henry S, Sankey C, Górecka-Bruzda A, Hausberger M (2013) « attention les yeux, impact du l'utilisation d'un renforcement sur l'attention visuelle du cheval ». 39ème Journée de la Recherche Equine, Paris (France), 28 février 2013.

Communications

Communications orales dans des colloques internationaux

1. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Fureix Carole, Beaulieu Cléo, Hausberger Martine (2014). "Do depressed horses (*Equus caballus*) lack attention? A different temporal pattern of responses towards auditory stimuli". 48th Congress of the International Society of Applied Ethology, Vitoria-Gasteiz (Spain), July 29th - August 2nd.

2. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Brajon Sophie, Sankey Carol, Górecka-Bruzda Aleksandra, & Hausberger Martine. (2013). "Using appropriate reinforcement to trigger attention: The example of horse training" 2nd international symposium of veterinary ethology, Lyon (France), 1-3 November.

3. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Brajon Sophie, Sankey Carol, Górecka-Bruzda Aleksandra, & Hausberger Martine. (2013). "Using appropriate reinforcement to trigger attention: The example of horse training". 64th European Federation of Animal Science, Nantes (France), 26-30 August.

4. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Sankey Carol, Górecka-Bruzda Aleksandra, Hausberger Martine, (2012). "Using an appropriate reinforcement to trigger attention and performance learning: the example of horse training" 46th Congress of the International Society of Applied Ethology, Vienna, (Austria), July 31th – 4th August.

5. **Rochais Céline**, Fureix Carole, Hausberger Martine, (2012) "On the significance of puzzling behaviours: what do yawning and adult play tell us about horse welfare?" 2nd Congress of International Equine Science Meeting, Regensburg (Germany), March 16th-19th.

6. Fureix Carole, Beaulieu Cleo, **Rochais Céline**, Argaud Soizic, Henry Séverine, Quinton Margaret, Hausberger Martine, Mason Georgia (2014) "Investigating anhedonia in a non-

conventional species: are some riding horses depressed? 48th Congress of the International Society of Applied Ethology, Vitoria-Gasteiz (Spain), July 29th - August 2nd.

7. Fureix Carole, **Rochais Céline**, Ouvrad Anne, Menguy Hervé, Richard-Yris Marie-Annick & Hausberger Martine (2011) "What do ear positions tell us about horse welfare?" 45th International Congress ISAE, 31th July- 4th August, Indianapolis, US.

Communications affichées dans des colloques internationaux

1. **Rochais Céline**, Henry Séverine. , Fureix Carole, Beaulieu Cléo, Hausberger Martine. (2013) Do potentially depressed horses lack attention? A differential temporal pattern of responses towards auditory stimuli. Behaviour, 33rd International Ethological Conference Association for the study of animal behaviour, 4-8 August 2013, Newcastle, UK.

Communications orales dans des colloques nationaux

1. **Rochais Céline,** Henry Séverine, Sébilleau Mélissa, Houdebine Mathilde, Hausberger Martine. (2015). « Caractérisation de l'attention chez le cheval domestique : liens avec un contexte de travail ». 41ème Journée de la Recherche Equine, Paris (France), 12 Mars.

2. **Rochais Céline**, Séverine Henry, Mélissa Sébilleau, Mathilde Houdebine et Martine Hausberger (2014). L'attention chez le cheval domestique (*Equus caballus*) : caractéristiques individuelles et facteurs de variation. Journées du GDR Ethologie, 2-3 Octobre 2014, Tours

3. **Rochais Céline**, Brajon Sophie, Henry Séverine, Sankey Carol, Górecka-Bruzda Alexandra, Hausberger Martine (2013) « attention les yeux, impact du l'utilisation d'un renforcement sur l'attention visuelle du cheval ». 39ème Journée de la Recherche Equine, Paris (France), 28 février 2013.

4. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Fureix Carole, Beaulieu Cléo, Hausberger Martine. (2013) « L'état de bien-être / mal-être du cheval : un facteur de modulation de l'attention ? » 41èmes journées annuelles de l'Association des Vétérinaires Equins Français, Deauville (France), 12 Décembre 2013.

Communication affichée dans des colloques nationaux

1. Sébilleau Mélissa, **Rochais Céline**, Mathilde Houdebine, Séverine Henry, Martine Hausberger (2014). Peut-on caractériser les capacités d'attention du cheval ? Une approche méthodologique, 44ème colloque de la société française pour l'étude du comportement animal, 8-10 juillet, Nanterre

Diffusion de l'information scientifique, Vulgarisation

1. **Rochais Céline** & Martine Hausberger (2014) « observer le comportement du cheval, pour mieux le comprendre », Fête de la science, Paimpont, 11 et 12 Octobre 2014.

2. **Rochais Céline**, (2013). « Tu m'écoutes ? Comment obtenir l'attention du cheval et en quoi cela est-il intéressant dans notre relation avec lui ? ». Interview par S. Dhondt, Cheval Pratique, n° 278, mai, 61-63.

3. **Rochais Céline** (2013) « L'utilisation d'un renforcement a un impact sur l'attention visuelle » Interview par la dépêche vétérinaire, n°1208, 6 avril 2013.

4. **Rochais Céline** (2013) "Food Rewards Can Improve Horse Training". Interview par Christa Lesté-Lasserre, The horse, Juin 2013.

5. **Rochais Céline**, Henry Séverine, Hausberger Martine (2012) « Le comportement du cheval, de l'état naturel à la domestication ». Fête de la science, Paimpont, 14 Octobre.

Activités d'enseignement

Enseignement à l'université

- **Année 2014/2015 :** Attachée temporaire d'enseignement et de recherche (ATER)

96 h de Travaux dirigés et travaux pratiques en Ethologie, Université de Rennes 1.

-L1 biologie : enseignement « système nerveux et comportement »

-L2 biologie : enseignement « l'animal dans son milieu »

-L3 biologie des organismes : enseignement « chronobiologie du comportement »

-L3 psychologie : enseignement « système nerveux et comportement »

-M1 comportement animal et humain : enseignement « éthologie » ; « éthologie appliquée »

- **Année 2012/2013 :** Mission d'enseignement (64h Travaux pratiques Ethologie)

- L1 Biologie : enseignement « système nerveux et comportement »

- L3 Biologie des organismes : enseignement « chronobiologie du comportement »

- M1 Comportement animal et humain : enseignement « éthologie » ; « éthologie appliquée »

- **Année 2011/ 2012.** Mission d'enseignement (64h Travaux pratiques Ethologie)

- L2 Biologie des Organismes : enseignement « l'animal dans son milieu »

- L3 Psychologie : enseignement « système nerveux et comportement »

- M1 Comportement Animal et Humain : enseignement « éthologie » ; « éthologie appliquée »

Enseignement aux professionnels de la filière équine

Janvier 2013 : Diplôme Universitaire Ethologie du Cheval (12h)

- Encadrement sur le terrain

Janvier 2012. Diplôme Universitaire Ethologie du Cheval (12h)

- Encadrement sur le terrain

Activité d'encadrement

- *Co-encadrement de stage de master 1 « Comportement animal et humain »*

Houdebine, M. « caractérisation de l'état attentionnel chez le cheval domestique (*Equus caballus*) : mises au point méthodologique. » Avril-Juin 2013

- *Co-encadrement de stage de Licence*

Migos, D. « L'attention chez le cheval. » Mai-Juin 2013

Sébilleau, M. « Caractéristiques comportementales et physiologique de l'état attentionnel du cheval. » Janvier-Aout 2014

Responsabilités collectives

- **Janvier 2012-Avril 2015** : Représentante des doctorants, école doctorale « Vie, Agro, Santé » Rennes.

- **Octobre 2013-Aout 2015** : Représentante du collège doctoral, post-doctoral et ATER, conseil d'unité, laboratoire EthoS, Rennes.

- **Octobre 2011-Octobre 2014** : Participation à la rédaction d'appels à projets et obtention de financements pour mes travaux de recherche (obtention de financement 3 fois / 3 appels à projet).

RESUME

Ce travail porte sur l'attention chez le cheval domestique. Il vise, dans un premier temps, à évaluer les capacités d'attention des chevaux grâce au développement d'outils de mesure. Nous avons ainsi développé deux tests comportementaux permettant d'évaluer respectivement l'attention visuelle (*e.g*. test d'attention visuelle, VAT) et auditive (*e.g*. test de diffusion de sons inhabituels, AAT). Les résultats montrent que ces tests comportementaux permettent la mesure de caractéristiques attentionnelles stables au cours du temps et prédictives de l'attention (*i.e.* VAT) et de la distractibilité (*i.e.* AAT) du cheval : *i)* en contexte expérimental, lors d'un test d'attention communément utilisé chez d'autres espèces : « 5-choice serial reaction time task » ; *ii)* au travail : *e.g*. exercice à la longe, en reprise. Nos résultats montrent, par ailleurs, des variations individuelles d'attention d'ordre qualitatif (structuration et niveau de l'attention) et quantitatif (durée d'attention). Dans un second temps, nous avons examiné certains facteurs de modulation (intrinsèques et extrinsèques) de l'attention du cheval. Les tests développés ont alors été appliqués dans différents sites équestres. Les résultats montrent que l'attention des chevaux est modulée : *i)* par des facteurs intrinsèques tels que la race, le sexe des individus ou encore leur état de bien-être; et *ii)* par des facteurs extrinsèques tels que les conditions de vie offertes aux chevaux, le travail et particulièrement la discipline d'équitation. Enfin, nous nous sommes interrogés sur la possibilité de promouvoir l'attention du cheval au travail *via* des actions humaines spécifiques. Nous avons ainsi montré que l'utilisation d'une récompense alimentaire augmente rapidement l'attention du cheval sur la tâche à réaliser, et en conséquence améliore ses performances d'apprentissage, tandis que de tels effets n'ont pas été obtenus avec une « récompense » tactile. L'ensemble de ce travail permet des avancées méthodologiques novatrices pour appréhender les capacités cognitives du cheval et ses facteurs de variation. Ces résultats permettront de conseiller les utilisateurs de chevaux en termes de choix d'animaux, de gestion des séances de travail et des conditions de vie.

Mots clés : cheval domestique, cognition, attention, distractibilité, différences individuelles.

ABSTRACT

This study investigated attention in domestic horse. It aims, firstly, to evaluate horses' attentional abilities by developing experimental tests. To this end, we developed behavioural visual attention (VAT) and auditory attention (AAT) tests. The results show that these behavioural tests give accurate measures of horses' attentional characteristics. These measures are stable over time and can predict an individual's attention (VAT) and distractibility (AAT) during another attention-testing paradigm frequently used in other species (the '5-choice serial reaction time task') and in a non-experimental context: work (*e.g.* lunge or riding lessons). Furthermore, our results show qualitative (structure and level of attention) and quantitative (duration of attention) variations of attention between individuals. Secondly, we studied both intrinsic and extrinsic factors modulating attention in horses. The tests developed have been used across several equestrian sites. Horses' attention appears to be modulated by: *i)* intrinsic factors such as an individual's breed, gender or welfare state and *ii)* by extrinsic factors such as an individual's living condition, work and especially the riding discipline. We finally investigated the possibility of promoting horses' attention while working *via* dedicated human actions. We showed that using food rewards rapidly increases horses' attention on the task and, as a consequence, improves their learning performances. These effects were not found with tactile 'reward'. In summary, this work has led to innovative methodological improvements to assess horses' cognitive abilities and the factors influencing them. These results have useful applications to guide horse-handlers through animal selection, work session management and choosing optimised living conditions.

Keywords : domestic horse, cognition, attention, distractibility, individual differences.