



**42<sup>ème</sup> Journée de la Recherche Équine**  
**Jeudi 17 mars 2016**

## Vers un système ambulatoire d'enregistrement électro-encéphalographique chez le cheval libre de ses mouvements

H. Cousillas<sup>1</sup>, M. Oger<sup>2</sup>, Céline Rochais<sup>3</sup>, C. Petoello<sup>3</sup>, S. Henry<sup>3</sup> et M. Hausberger<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université de Rennes 1, UMR 6552 - Ethologie Animale et Humaine EthoS, – CNRS, Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex

<sup>2</sup> Université de Rennes 1, IETR, UMR CNRS 6164, Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex

<sup>3</sup> Université de Rennes 1, UMR 6552 - Ethologie Animale et Humaine EthoS, – CNRS, Station Biologique de Paimpont, 35380 Paimpont

<sup>4</sup> CNRS, UMR 6552 - Ethologie Animale et Humaine EthoS, – Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex

[hugo.cousillas@univ-rennes1.fr](mailto:hugo.cousillas@univ-rennes1.fr)

### Résumé

L'électroencéphalographie (l'EEG) largement utilisée chez l'homme est aussi d'un grand intérêt dans l'étude des processus cérébraux chez l'animal. Cependant, la qualité des enregistrements étant très perturbée par l'activité musculaire, la plupart des enregistrements chez l'animal a été obtenue par des méthodes invasives utilisant des électrodes implantées dans le crâne. Ceci impliquant une chirurgie, la plupart de ces études ont été pratiquées en laboratoires ou cliniques vétérinaires. Or, l'EEG étant un outil précieux de diagnostic d'altérations cérébrales et d'évaluation de l'état de vigilance de l'animal, il est crucial de pouvoir utiliser l'EEG sur le terrain, sur l'animal libre de ses mouvements. Cet outil doit être non-invasif et ne pas nécessiter d'interventions trop « visibles » tel la tonte de la zone où placer les électrodes, ou traumatisante comme coller les électrodes risquant de provoquer un rejet de l'animal lors de leur arrachage, ce que font les quelques études utilisant un système ambulatoire. Afin de pallier ces problèmes, nous avons développé un casque d'enregistrement EEG adapté au cheval permettant un positionnement rapide (<5 min.) des électrodes et utilisable dans l'environnement habituel du cheval libre de ses mouvements. Nous montrons ici que ce casque EEG permet d'obtenir des enregistrements fiables ouvrant la voie à de nouvelles possibilités d'investigation et de diagnostic.

**Mots clés: EEG, cheval, mouvements libres**

### Summary

Electroencephalography (EEG) that has been extensively studied in humans presents also a large interest for studies on animal brain processes. However, the quality of the recordings being altered by the muscular activity most EEG recordings on animals have been obtained using invasive methods with deep implanted electrodes (under the skull). This requires anesthesia and can thus only be used in laboratory or clinical settings. As EEG is a very useful tool for both detecting brain alterations due to diseases or accidents but also to evaluate the arousal and attentional state of the animal, it seemed crucial to develop a tool that would make such recordings possible in the horse's home environment, with the horse being allowed to be free moving. Such a tool should not be invasive nor involve visible interventions such as shaving the zone of implementation of the electrodes, nor cause discomfort to the horse as the usual other practice which consists in gluing them to the skin. In order to fulfill these requirements, we developed 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 horse. In the present study, we show that this EEG helmet allows to obtain reliable recordings and opens entire new possibilities of investigation.

**Key-words: EEG, Horses, free moving**



## Introduction

L'électroencéphalographie (EEG) est une méthode qui a été largement étudiée chez l'homme (revue dans Dietrich and Kanso, 2010) et qui est particulièrement utilisée en médecine comme outil diagnostique afin d'évaluer des dysfonctionnements cérébraux tels que par exemple l'épilepsie (Lascano *et al.* 2012; Smith, 2005). L'électroencéphalographie permet aussi de caractériser les niveaux de vigilance depuis les différents stades de sommeil jusqu'aux états attentionnels élevés (Rodenbeck *et al.* 2006). Chez l'homme, les enregistrements EEG sont basés sur des systèmes non-invasifs avec des électrodes placées sur la peau, le sujet devant rester calme et ne faire aucun mouvement afin d'assurer une bonne qualité d'enregistrement.

L'électroencéphalographie est aussi un outil intéressant pour l'étude des processus cérébraux chez l'animal. Les applications possibles allant des études fondamentales, concernant le sommeil et les différents états de vigilance, aux applications permettant de définir le niveau d'anesthésie ou, comme chez l'homme, afin de diagnostiquer des dysfonctionnements cérébraux (Wijnberg *et al.* 2014; Lacombe *et al.* 1999; Grint *et al.* 2014). Cependant, l'absence de mouvements étant quasi impossible chez l'animal éveillé, la plupart des enregistrements ont été faits par des méthodes invasives utilisant des électrodes implantées dans le crâne qui enregistrent directement l'activité corticale (Dallaire and Ruckebusch, 1974). Pour ce type d'enregistrements, afin d'implanter les électrodes, il est nécessaire de pratiquer une chirurgie sous anesthésie rendant impossible l'utilisation en routine de cette technique, particulièrement sur les grands animaux domestiques. Certains auteurs ont développé une approche non-invasive sur animal éveillé. Dans ce cas, l'animal doit être immobilisé afin d'éviter toute activité musculaire et les électrodes sont collées sur la tête rasée de l'animal (Williams *et al.* 2008). Cette méthode a été utilisée chez les équidés afin d'étudier les ondes cérébrales durant l'anesthésie, le sommeil ou même pendant des crises d'épilepsie (Hale and Huggins, 1980; Mysinger *et al.* 1985; Wijnberg *et al.* 2014; Williams *et al.* 2008, 2012). Le système d'enregistrement était positionné sur le dos du cheval et de longs câbles étaient utilisés pour relier les électrodes aux amplificateurs. Cette méthode était plus pratique et plus facile à utiliser que les électrodes implantées, mais nécessitait une préparation relativement longue et ne pouvait être pratiquée que dans des lieux adaptés tels que les cliniques vétérinaires.

Or, l'EEG étant un outil précieux à la fois de diagnostic d'altérations cérébrales mais aussi d'évaluation de l'état d'éveil et d'attention de l'animal, il paraît crucial de pouvoir l'utiliser sur le terrain, sur un animal libre de ses mouvements. Cet outil doit donc être non invasif et de surcroît ne pas nécessiter des interventions trop « visibles » comme la tonte de la zone où les électrodes sont placées, ce que font les quelques études utilisant un système ambulatoire. Coller les électrodes comme c'est pratiqué dans ces études pose aussi des problèmes, risquant de provoquer un rejet de l'animal après que les électrodes ont été arrachées.

Les systèmes existants ne sont donc pas satisfaisants. Un nouveau système d'enregistrement facile à utiliser semble donc nécessaire afin de mener à bien des recherches intégrant l'EEG chez le cheval. Ce système d'enregistrement 1) devrait être utilisable dans l'environnement habituel du cheval, 2) devrait être facilement et rapidement adaptable à la tête de chaque cheval, 3) devrait être utilisable sur un animal libre de ses mouvements

Dans cette étude, nous présentons un nouveau casque EEG adapté à la tête des chevaux et qui permet un positionnement facile et rapide (moins de 5 minutes) des électrodes répondant aux conditions citées précédemment. Des exemples d'enregistrements obtenus avec ce casque EEG placé sur des chevaux de sport dans leur box habituel sont donnés ici pour montrer la fiabilité du système.

### 1 Développement technique

Ce nouveau casque EEG (figure Ia; patent # R23701WO) permet de positionner 5 électrodes sur la partie frontale de la tête du cheval. Afin d'éviter des câblages trop longs et gênants nous avons aussi développé un amplificateur EEG associé à un émetteur radio fixé sur la partie arrière du casque. L'amplificateur EEG est basé sur le modèle à 2 canaux du « modularEEG » du « OpenEEG project » et l'émetteur radio a été développé par l'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes.

Les électrodes étaient positionnées de chaque côté du plan sagittal afin d'effectuer des enregistrements hémisphériques séparés (figure Ib). Ce positionnement similaire à celui utilisé par Mysinger *et al.* (1985) nous a permis de faire des enregistrements différentiels entre les parties les plus occipitales et les plus frontales de chaque hémisphère du cerveau du cheval. Une électrode de masse était placée en arrière de l'oreille gauche.



**Figure I :** a) casque EEG positionné sur la tête du cheval ; b) position des électrodes, RO: occipital droit ; RF: frontal droit ; LO: occipital gauche ; LF: frontal droit ; G: masse.

**Figure I :** a) EEG helmet placed on the horse's head. b) Positions of electrodes, RO: right occipital; RF: right frontal; LO: left occipital; LF: left frontal; G: body ground.



## 2 Analyse des enregistrements

Les enregistrements présentés ici ont été réalisés sur 5 chevaux (4 juments, 1 hongre) de compétition de saut d'obstacle (N=3) et de concours complet (N=2), âgés de 7 à 9 ans, de race Selle Français (N=3) et Anglo-Arabs (N=2), de l'école nationale d'équitation de Saumur. Les chevaux étaient dans leur box habituel pendant les sessions d'enregistrements EEG. Toutes ces sessions ont été filmées et toutes les données (vidéo et EEG) ont été numérisées et sauvegardées dans un disque dur.

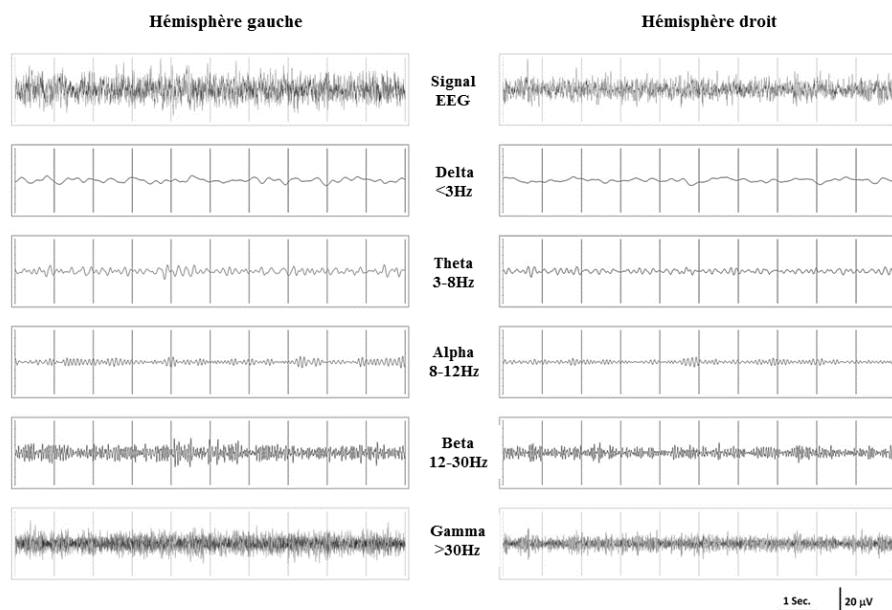
Toutes ces données ont ensuite été traitées à l'aide de FieldTrip (Oostenveld *et al.*, 2011), un outil de Matlab 7.0 (MathWorks, Natick, MA). Pour chaque cheval, les vidéos ont été visionnées afin d'identifier les périodes pendant lesquelles le cheval était calme. Les signaux EEG de ces périodes calmes étaient ensuite inspectés afin de repérer et d'exclure tout artefact. Ces traitements étaient suivis d'une segmentation des signaux par période de 500 ms afin d'y appliquer une FFT (transformée rapide de Fourier) permettant d'extraire le spectre du signal et de calculer les spectres de puissance des ondes présentes dans les signaux.

## 3 Résultats

Les signaux enregistrés étaient caractéristiques de chevaux éveillés (figure II) et nous nous sommes donc particulièrement intéressés aux ondes de veille : Alpha (8-12Hz) caractéristiques d'une veille calme, Beta (12-30Hz) lorsque l'individu est éveillé et actif et Gamma (>30Hz) reflétant des états de vigilances élevés. Nous avons moyenné les spectres de puissance pour chaque gamme d'onde et les avons exprimés en pourcentage du spectre total (figure II).

**Figure II :** Différentes gammes d'ondes enregistrées, les signaux étaient caractéristiques de chevaux calmes éveillés, les signaux les plus présents étant les ondes Alpha (veille calme), Beta (veille active) et Gamma (vigilance élevée).

**Figure II:** The different type of waves recorded were characteristic of quiet awake horses, the most present waves were Alpha (quiet awake), Beta (awake active) and Gamma (awareness).





De façon intéressante, les proportions entre les principaux types d'ondes dans cette même situation homogène se sont révélées très stables entre individus: ondes Alpha 37,63% (+/-3,5), ondes Beta 34,38% (+/-2,19) et ondes Gamma 27,99% (+/-1,97). Ainsi, les coefficients de variation des moyennes interindividuelles étaient respectivement de 12,29%, 5,59% et 12,06% respectivement pour les ondes alpha, beta and gamma.

## Conclusion

Ces résultats obtenus sur des animaux calmes montrent que les enregistrements sont stables dans le temps et comparables entre chevaux. Ce nouveau système est donc bien adapté pour des enregistrements EEG et la télémetrie permet de faire cela sur des chevaux libres de leurs mouvements.

Le but du système d'enregistrement que nous avons développé était 1) de l'utiliser dans l'environnement habituel du cheval, 2) qu'il soit placé facilement et rapidement sur la tête, 3) qu'il soit utilisable sur un cheval libre de ses mouvements. Ce casque EEG répond à ces contraintes. Il ouvre tout un champ de nouvelles possibilités, comme en témoigne son apport dans les études cognitives où il a été utilisé (cf Hausberger *et al.*, 2016, même volume, Rochais *et al.* in prep).

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le conseil scientifique de l'IFCE (Institut Français de l'Élevage et de l'Équitation), l'Université de Rennes<sup>1</sup>, le CNRS et le Ministère de la Recherche pour leur contribution financière. Nous sommes reconnaissants au directeur de l'École Nationale d'Équitation et tout particulièrement à Mme S. Biau, ainsi qu'au personnel sur place d'avoir permis la réalisation de ces enregistrements pionniers. Nous remercions aussi Melissa Sebilleau pour son assistance technique.

## Références

- Dallaire, A., Ruckebusch, Y., 1974. Sleep and wakefulness in the housed pony under different dietary conditions. *Can J Comp Med* 38, 65–71.
- Dietrich, A., Kanso, R., 2010. A Review of EEG, ERP, and Neuroimaging Studies of Creativity and Insight. *Psychol. Bulletin* 136, 822–848.
- Grint, N.J., Johnson, C.B., Clutton, R.E., Whay, H.R., 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., Huggins, S.E., 1980. The electroencephalogram of the normal "grade" pony in sleep and wakefulness. *Comp. Biochem. Physiol.* 66A, 251-257.
- Lascano, A.M., Vulliemoz, S., Lantz, G., Spinelli, L., Michel, C., Seeck, M., 2012. A Review on Non-Invasive Localization of Focal Epileptic Activity Using EEG Source Imaging. *Epileptology* 29, 80-89.
- Mysinger, P.W., Redding, R.W., Vaughan, J.T., 1985. Electroencephalographic patterns of clinically normal, sedated and tranquilized newborn foals and adult horses. *Am. J. Vet. Res.* 46, 36–41.
- Ruckebusch, Y., 1963. Etude EEG et comportementale des alternances veille-sommeil chez l'âne. *C.R. Soc. Biol.* 157, 840–844.
- Smith., S.J.M., 2005. EEG in the diagnosis, classification, and management of patients with epilepsy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 76, ii2–ii7. doi: 10.1136/jnnp.2005.069245
- 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, 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., Le Couteur, R.A., Holliday, T.A., 2012. Qualitative and Quantitative Characteristics of the Electroencephalogram in Normal Horses After Sedation. *J. Vet. Intern. Med.* 26, 645–653.