



HAL
open science

Instrumentation de cages pour la mesure et la gestion à distance du bien-être des animaux de laboratoire

Belkacem Messaoudi, Christine Marguet, Bruno Favre, Dominique Ligot, Damien Gervasoni, Nadine Ravel, Hervé Huguenet, Clément Saudet

► **To cite this version:**

Belkacem Messaoudi, Christine Marguet, Bruno Favre, Dominique Ligot, Damien Gervasoni, et al.. Instrumentation de cages pour la mesure et la gestion à distance du bien-être des animaux de laboratoire. 7ème Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation, Jan 2016, Saint-Nazaire, France. hal-01280211

HAL Id: hal-01280211

<https://hal.science/hal-01280211>

Submitted on 29 Feb 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Instrumentation de cages pour la mesure et la gestion à distance du bien-être des animaux de laboratoire

Belkacem Messaoudi¹, Damien Gervasoni¹, Hervé Huguenet¹,
Nadine Ravel¹, Clément Saudet¹
Bruno Favre², Christine Marguet², Dominique Ligot²

¹CRNL, Codage et mémoire olfactive, Inserm U1028 - CNRS UMR5292
CH Le Vinatier Bâtiment 452 95 Bd Pinel 69675 BRON Cedex France
²ARThéms, IUT Lyon, Université Lyon1, Université de Lyon
17 rue de France 69627 Villeurbanne Cedex France

belkacem.messaoudi@cnr.fr

Abstract

Cage instrumentation for online management of laboratory animal's well-being.

In neuroscience for the study of episodic memory, and more generally for behavioral studies, research laboratories monitor and analyze small animal behavior. Here we introduce an instrumentation developed for an online supervision of home cages via internet. This instrumentation allows :

- a continuous supervision of the animal's environment and well-being : measure of temperature and humidity, amount of drinking water consumed and image snapshots to check the animal's mobility, with an alert in case of trouble or occurrence of worrying signs.
- a management of drinking water supply : automatized access to water and setting of access periods and volume delivered
- an access to all the data and settings through a convenient web interface
- automatic sending of alert messages in case of trouble

This instrumentation is fully functional, satisfies our first expectations and already offers numerous perspectives.

1. Introduction

Dans le cadre des neurosciences, pour l'étude de la mémoire épisodique, les laboratoires de recherche analysent le comportement de petits animaux. Afin de veiller à leur bien-être, une supervision à distance des cages (cf. Figure 1) est souhaitable. L'instrumentation développée doit permettre de gérer nourriture et boisson, de mesurer les conditions environnementales (température, hygrométrie..), et de visualiser des images de l'animal représentatives de son état général, en instantané ou différé. Ces diverses données doivent être accessibles à tout moment par les chercheurs, quel que soit l'endroit où ils se trouvent

via un site sécurisé permettant ainsi une surveillance des animaux à distance. De plus, en cas de problème, cette instrumentation doit générer des alertes automatiques adressées aux scientifiques.

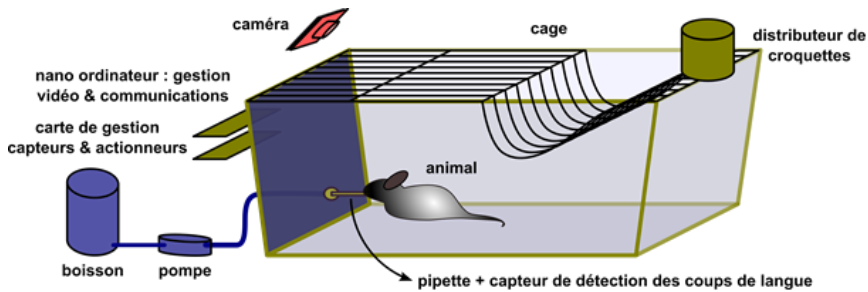


Figure 1 : Cage instrumentée

2. Contexte scientifique

La mémoire n'est pas une entité unique. Elle est composée de sous-systèmes de mémoire dont fait partie la mémoire épisodique, souvenir des événements et des circonstances dans lesquelles ils ont eu lieu. La mémoire épisodique peut être définie comme étant la capacité de l'animal à se souvenir d'un objet ainsi que de sa localisation dans un contexte donné (quoi - où - dans quel contexte). Il a été montré que le rat est capable de combiner et de reconnaître ces trois types d'informations lorsqu'on lui présente une situation de rappel quelques semaines plus tard. La reconnaissance qui est faite de l'objet rencontré dans ce contexte peut être de deux types : soit un sentiment de familiarité simple pour un item déjà rencontré, soit un processus permettant de rappeler les circonstances précises dans lequel cet item a été rencontré. Pour mettre en place et valider une tâche de mémoire épisodique, consistant pour les rats à combiner les trois types d'informations, les animaux sont motivés par des récompenses hydriques, une solution sucrée (renforcement positif) associée à une odeur et un endroit unique, toutes les autres combinaisons étant associées à une solution amère (renforcement négatif). La construction de cette tâche a pour but de voir comment la représentation d'un événement se met en place et de tester le rappel d'un épisode à court et à long terme. Dans le protocole de cette expérience, l'animal ne peut boire qu'une certaine quantité, à des moments précis de la journée (restriction hydrique). Les résultats obtenus montrent que les rats sont capables de combiner et de se rappeler les informations olfactives, spatiales et contextuelles perçues lors d'un événement unique et d'adapter leur comportement en conséquence pour rechercher un renforcement positif. [1-3].

3. Présentation de l'instrumentation

L'instrumentation réalisée doit permettre, pour un grand nombre de cages différentes :

- la supervision du bien-être de l'animal : mesure de la température, du taux d'hygrométrie, de la quantité d'eau bues et capture d'images de l'animal permettant de s'assurer de sa mobilité avec alerte en cas de signes inquiétants
- la gestion de l'apport hydrique : automatisation de l'accès à la boisson, programmation de la fréquence de ces accès et du volume d'eau délivré
- l'accès à l'ensemble des données et à leur paramétrage via une interface web.

Deux contraintes importantes sont à prendre en compte :

- la sécurité des utilisateurs du serveur internet car l'expérimentation animale est la cible de nombreuses attaques
- le bruit généré par les actionneurs doit rester inaudible par l'animal afin de ne pas le stresser.

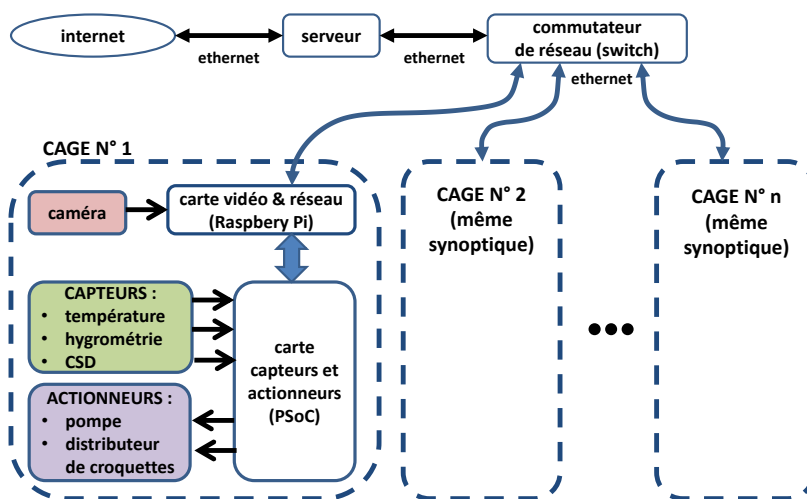


Figure 2 : Synoptique de l'instrumentation des cages

L'environnement matériel est constitué, pour chaque cage (cf. Figure 2), d'un nano-ordinateur Raspberry Pi qui communique avec le serveur de réseau et gère la caméra. Il fait aussi l'interface avec une carte électronique permettant de gérer :

- les capteurs : capteur de température et d'hygrométrie, capteur capacitif de type CSD (CapSense Sigma Delta) pour le comptage des coups de langue
- les actionneurs : une pompe péristaltique avec moteur à courant continu, un moteur pas à pas

Le serveur internet centralise :

- le site internet comportant une page d'accueil avec gestion des droits d'accès et, pour chaque cage, une page d'affichage des mesures et des images et une page de paramétrage (heures de début et de fin de mise à disposition de la boisson, volume bu mettant fin à la mise à disposition, fréquence de capture des images, durée de conservation des images, seuils d'alerte température haute ou basse et quantité bue insuffisante).
- les scripts qui permettent l'acquisition et le stockage de données (température, quantité bue, images), le pilotage des actionneurs et l'envoi d'alertes.

4. Résultats

L'ensemble de l'instrumentation est fonctionnel et répond aux premières attentes (cf. Figure 3).



Figure 3 : Cage opérationnelle (photo C. Saudet)

La délivrance de la boisson est asservie aux coups de langue. La fréquence des coups de langue chez le rat, déterminée à partir des relevés de 100 000 coups de langue, se situe dans une plage de 6 à 10 Hz.

Lorsque le rat se présente au niveau de la pipette, une goutte est déjà présente. Le coup de langue permettant de boire cette goutte est détecté par le capteur capacitif. Le temps de contact entre la langue et la pipette est de l'ordre de 20 à 50 ms. Le front descendant de ce signal, correspondant au retrait de la langue, active la pompe pendant 8 ms afin de délivrer la goutte suivante (cf. Figure 4). Le choix de cette durée d'activation, par rapport à la période des coups de langue (100 à 170 ms), garantit que tous les coups de langue sont pris en compte.

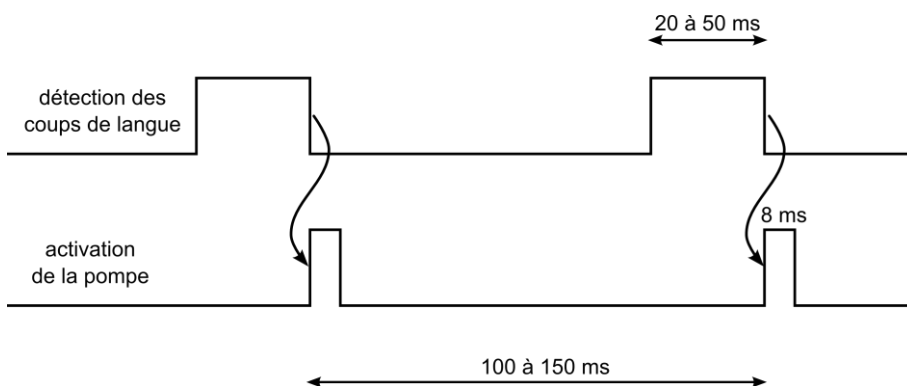


Figure 4 : Chronogramme de délivrance de la boisson asservie aux coups de langue

Trois séquences de mesure, correspondant à des fréquences de coups de langue de 6, 8 et 10 Hz, ont été réalisées afin de déterminer le volume délivré en fonction du nombre de coups de langue comptés (cf. Figure 5).

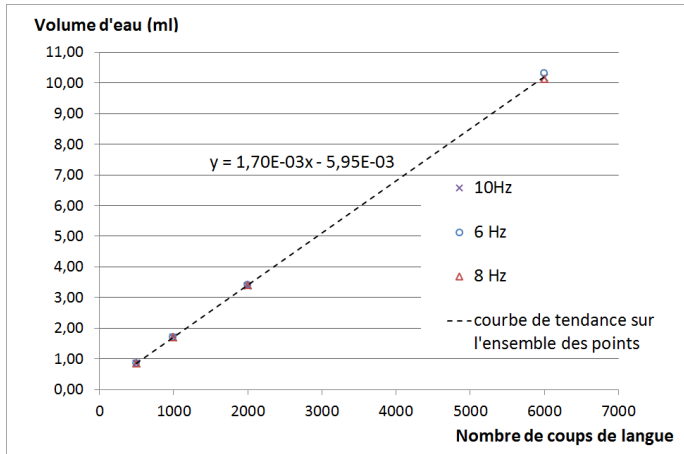


Figure 5 : Volume d'eau délivré en fonction du nombre de coups de langue, pour trois fréquences (6Hz, 8Hz, 10Hz)

La courbe de la figure 5 présente une variation linéaire du volume délivré en fonction du nombre de coups de langue. Le volume moyen d'une goutte, indiqué par la pente, est de $1,70 \mu\text{l} \pm 0,02 \mu\text{l}$.

Afin de déterminer les limites de fonctionnement du système, des mesures du volume d'une goutte, pour 1 000 coups de langue, ont été réalisées de 2 à 30 Hz. Elles montrent que le système peut fonctionner correctement sur une plage de 2 à 20 Hz avec une valeur moyenne du volume de la goutte de $1,70 \mu\text{l}$ (cf. Figure 6).

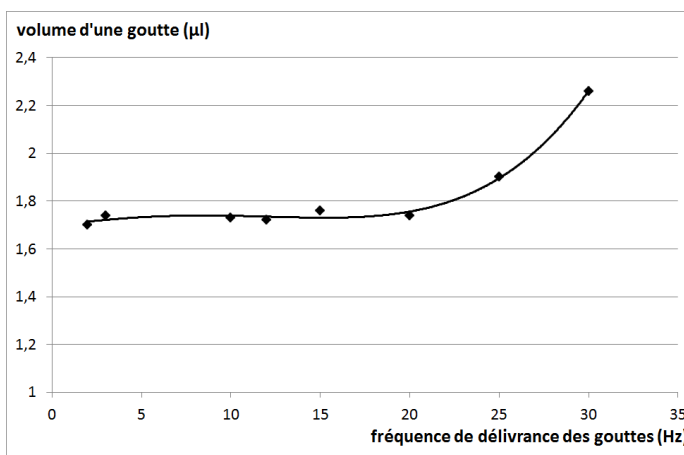


Figure 6 : Volume d'une goutte en fonction de la fréquence d'activation de la pompe

La page d'affichage du site web (cf. Figure 7) permet de visualiser à distance plusieurs paramètres : la quantité d'eau bue aux différentes heures de la journée, l'évolution de la température, une image de l'animal régulièrement rafraîchie.

Informations

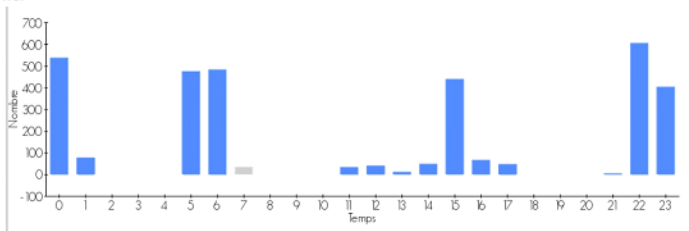
Connexion à la cage

Active

| Disponibilité boisson | Fin boisson | Quantité bue hier | Quantité bue aujourd'hui |
|-----------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 00h00 | 21h00 | 17.38 mL (3476 coups de langue) | 7.135 mL (1427 coups de langue) |

Coups de langue & Température

Hier



Aujourd'hui

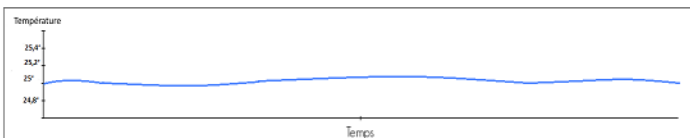
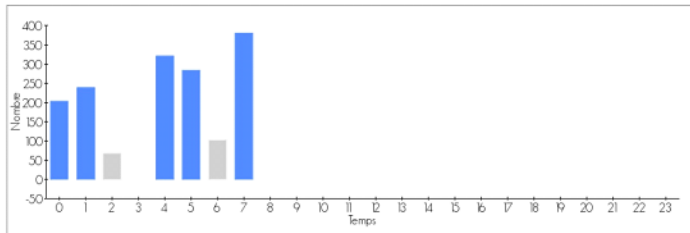


Figure 7 : Extrait de la page d'affichage du site web de supervision à distance d'une cage

5. Conclusion et perspectives

Un premier exemplaire de cage instrumentée est opérationnel et a pu être testé en conditions réelles d'utilisation. L'instrumentation permet de veiller au bien-être de l'animal, à distance par le biais d'un site internet. De plus, une alerte automatique est adressée par mail aux personnes concernées en cas de franchissement des seuils préalablement fixés pour les paramètres de température et de quantité d'eau délivrée. La quantité d'eau consommée est déterminée de façon originale à partir du comptage des coups de langue de l'animal, ce qui permet un suivi précis de la consommation au coup de langue près (soit 8 microlitres) et une gestion individualisée des apports dans les protocoles expérimentaux incluant une restriction hydrique.

Le système ainsi réalisé est évolutif ; d'autres types de capteurs et/ou actionneurs pourront être utilisés, sans modification de la carte électronique, en fonction des besoins liés aux nouvelles expériences. De façon non exhaustive ces évolutions peuvent inclure l'identification des animaux par puces RFID et le suivi individuel de la consommation d'eau ou du poids corporel lorsque les animaux sont hébergés par groupe, la gestion des apports en nourriture solide, ou encore la mesure globale d'activité de l'animal (actimétrie). La fréquence de capture d'images étant paramétrable, il devient possible en effet de suivre un animal dans ses déplacements et d'envoyer automatiquement une alerte en cas d'immobilité anormale, par exemple après une intervention chirurgicale ou toute autre manipulation. Plus généralement, cette instrumentation va permettre une surveillance renforcée du bien-être de l'animal hébergé en animalerie en dehors des expériences ou manipulations pour lesquelles un expérimentateur est présent.

Bibliographie

- [1] Torquet N, Aime P, Messaoudi B, Garcia S, Ey E, Gervais R, Juillard AK, Ravel N. Olfactory preference conditioning changes the reward value of reinforced and non-reinforced odors. *Frontiers in Behavioral Neurosciences*. 2014; 8:229
- [2] Veyrac A, Alleborn M, Gros A, Michon F, Raguet L, Kenney J, Godinot F, Thevenet M, Garcia S, Messaoudi B, Laroche S, Ravel N. Memory of occasional events in rats: individual episodic memory profiles, flexibility, and neural substrate. *Journal of Neurosciences*. 2015; 35(19):7575-86
- [3] Chapuis J, Garcia S, Messaoudi B, Thevenet M, Ferreira G, Gervais R, Ravel N. The way an odor is experienced during aversive conditioning determines the extent of the network recruited during retrieval: a multisite electrophysiological study in rats. *Journal of Neurosciences*. 2009; 29(33):10287-98