



**HAL**  
open science

## **IRM (fonctionnelle) en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat ?**

Scott A. Love, Camille Pluchot, Céline Parias, Didier Dubreuil, Elodie Chaillou

### ► **To cite this version:**

Scott A. Love, Camille Pluchot, Céline Parias, Didier Dubreuil, Elodie Chaillou. IRM (fonctionnelle) en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat ?. 49ème Colloque de l'Association Française des Sciences et Techniques de l'Animal de Laboratoire (AFSTAL 2025), Nov 2025, Nantes, France. <hal-05467624>

**HAL Id: hal-05467624**

**<https://hal.inrae.fr/hal-05467624v1>**

Submitted on 20 Jan 2026

**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.

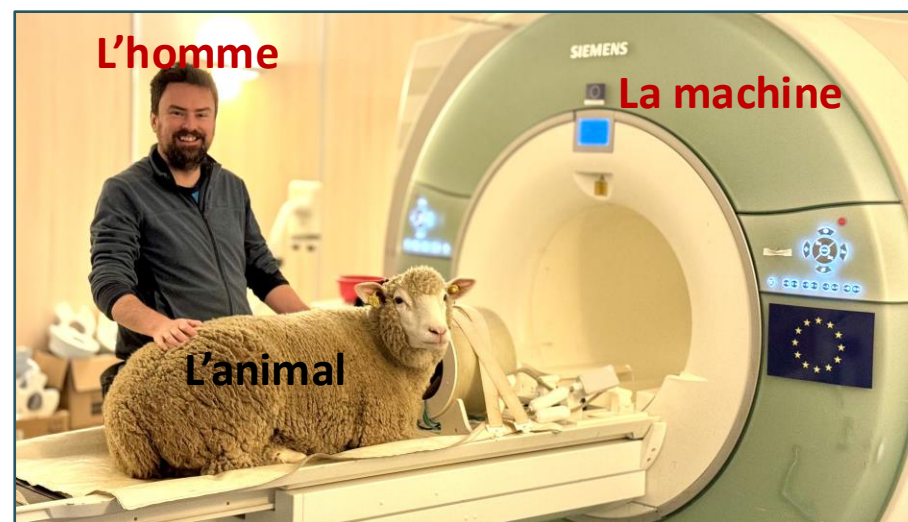


Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License



# IRM (fonctionnelle) en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat ?

Scott LOVE



# ➤ L'expérience humaine de l'IRM en recherche

anxiété, stress et claustrophobie



## ➤ L'expérience humaine de l'IRM en recherche

---

**« Ne pas bouger d'un millimètre ! »**

---



**INRAE**

*IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat*

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



## ➤ L'expérience humaine de l'IRM en recherche

L'entraînement de certaines populations

« IRM en jeu : Un simulateur IRM pour enfants »



## ➤ L'expérience animale de l'IRM en recherche

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »



**INRAE**

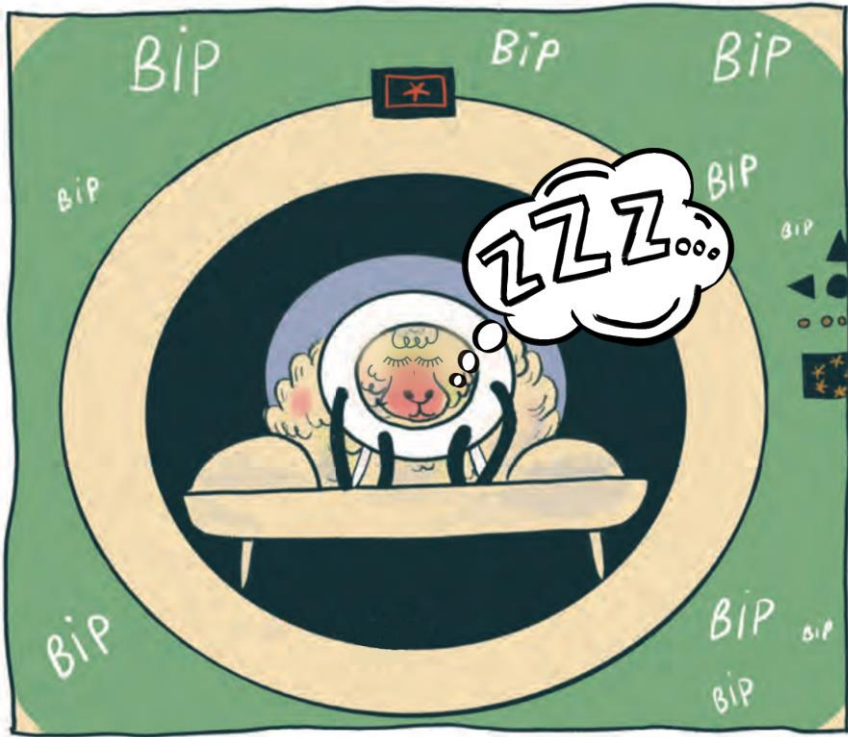
*IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat*

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



## ➤ Anesthésie générale

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »

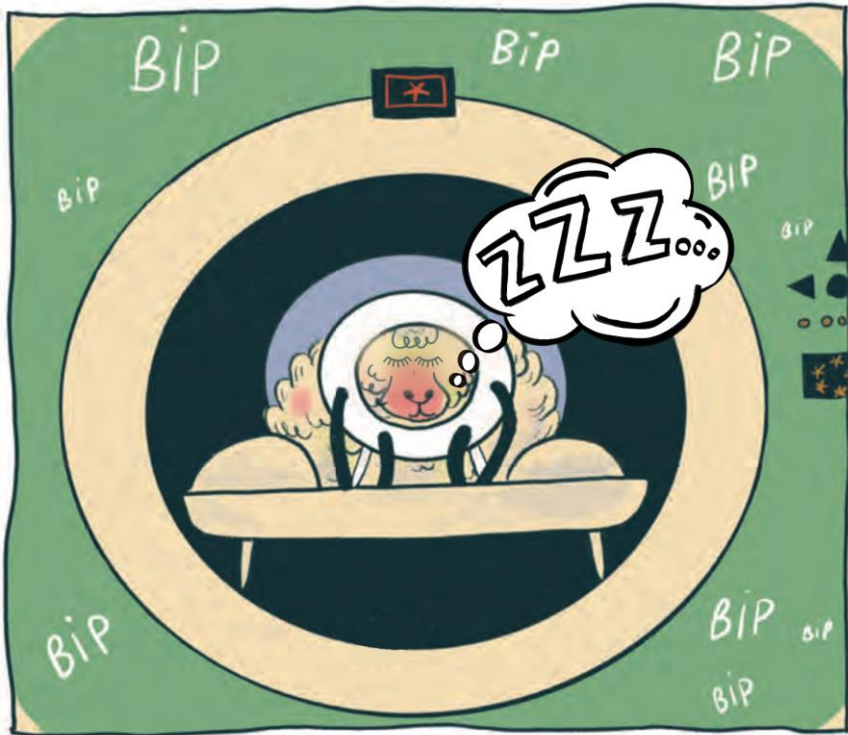


### Avantages

- ❖ Immobilité
- ❖ Session longue durée [ $\pm 2.5h$ ]
- ❖ Pas d'stress
- ❖ Pas d'entraînement

## ➤ Anesthésie générale

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »



### Avantages

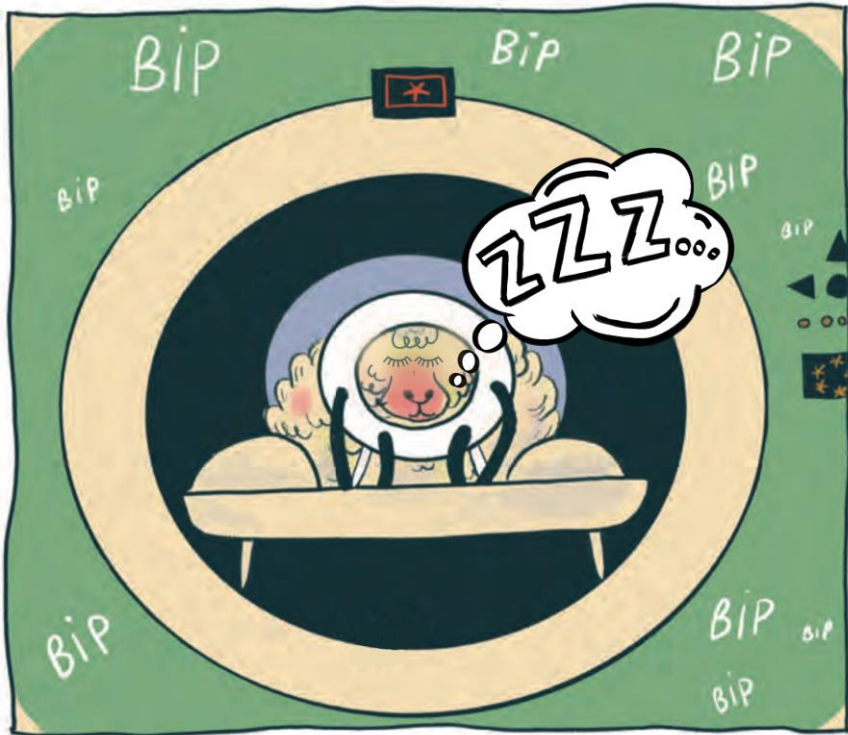
- ❖ Immobilité
- ❖ Session longue durée [ $\pm 2.5h$ ]
- ❖ Pas d'stress
- ❖ Pas d'entraînement

### Inconvénients

- ❖ Effets secondaires
- ❖ Délai entre les sessions long
- ❖ Modification activité cérébrale (*Aksenov et al., 2015*)

## ➤ Anesthésie générale

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »



### Avantages

- ❖ Immobilité
- ❖ Session longue durée [ $\pm 2.5h$ ]
- ❖ Pas d'stress
- ❖ Pas d'entraînement

### Inconvénients

- ❖ Effets secondaires
- ❖ Délai entre les sessions long
- ❖ Modification activité cérébrale (*Aksenov et al., 2015*)

➔ IRM fonctionnelle : éveillé = résultats fiables

## ➤ Éveillé avec contention

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »

Lapin



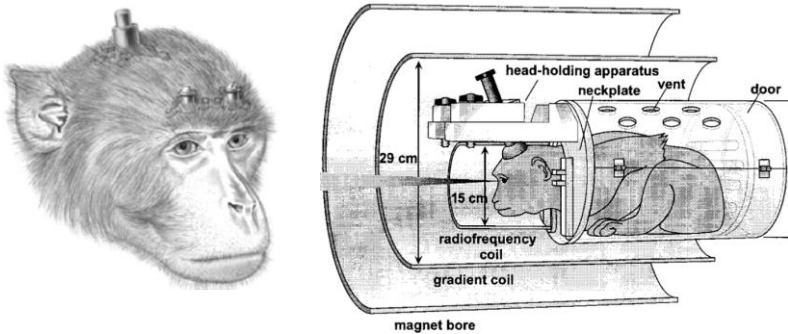
(Weiss et al., 2022)

Pigeon



(Behroozi et al., 2020)

Macaque



(Keliris et al., 2007 ; Stefanacci et al., 1998)

Souris



(Derksen et al., 2021)

## ➤ Éveillé avec contention

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »

### Lapin



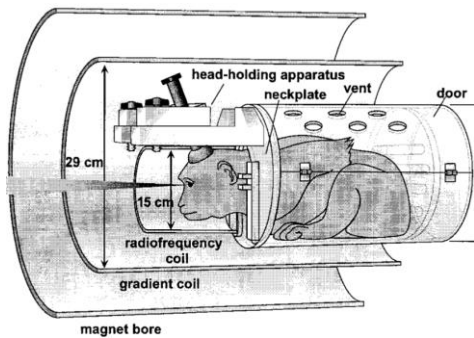
(Weiss et al., 2022)

### Pigeon



(Behroozi et al., 2020)

### Macaque



(Keliris et al., 2007 ; Stefanacci et al., 1998)

### Souris



(Derksen et al., 2021)

### Avantages

- ❖ Immobilité
- ❖ Fonctionnement cérébral normal
- ❖ Pas de risques liés à l'anesthésie
- ❖ Délai entre les sessions court

## ➤ Éveillé avec contention

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »

### Lapin



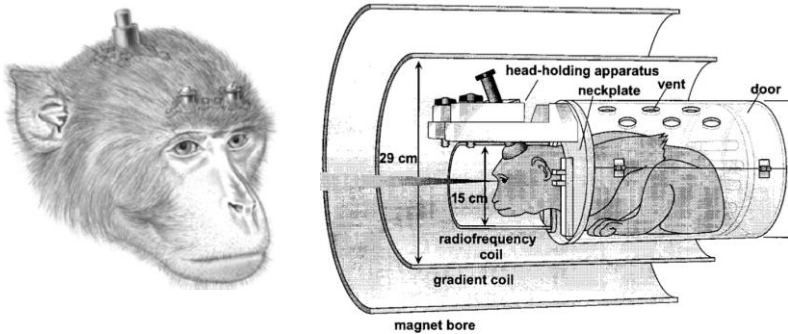
(Weiss et al., 2022)

### Pigeon



(Behroozi et al., 2020)

### Macaque



(Keliris et al., 2007 ; Stefanacci et al., 1998)

### Souris



(Derksen et al., 2021)

## Avantages

- ❖ Immobilité
- ❖ Fonctionnement cérébral normal
- ❖ Pas de risques liés à l'anesthésie
- ❖ Délai entre les sessions court

## Inconvénients

- ❖ Chirurgie / effets secondaires
- ❖ Stress
- ❖ Entraînement / habituation

## ➤ Éveillé sans contention : entraînement

« Ne pas bouger d'un millimètre ! »

### Entraînement



(Berns et al., 2012)

### Acquisition



(Boch et al., 2021)

### Avantages

- ❖ Pas de risques liés à l'anesthésie
- ❖ Fonctionnement cérébral normal
- ❖ Délai entre les sessions court
- ❖ Pas de stress
- ❖ Bien-être animal +++

### Inconvénients

- ❖ Entraînement
- ❖ Risque de mouvement

## ➤ Éveillé sans contention : entraînement

Optimal sur les plans scientifique et éthique !



**INRAE**

*IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat*

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



## ➤ Éveillé sans contention : entraînement

Optimal sur les plans scientifique et éthique !

Quelles autres espèces peuvent le faire ?



Image générée par l'IA

## ➤ Éveillé sans contention : entraînement

Optimal sur les plans scientifique et éthique !

Quelles autres espèces peuvent le faire ?



Image générée par l'IA

...les moutons ?

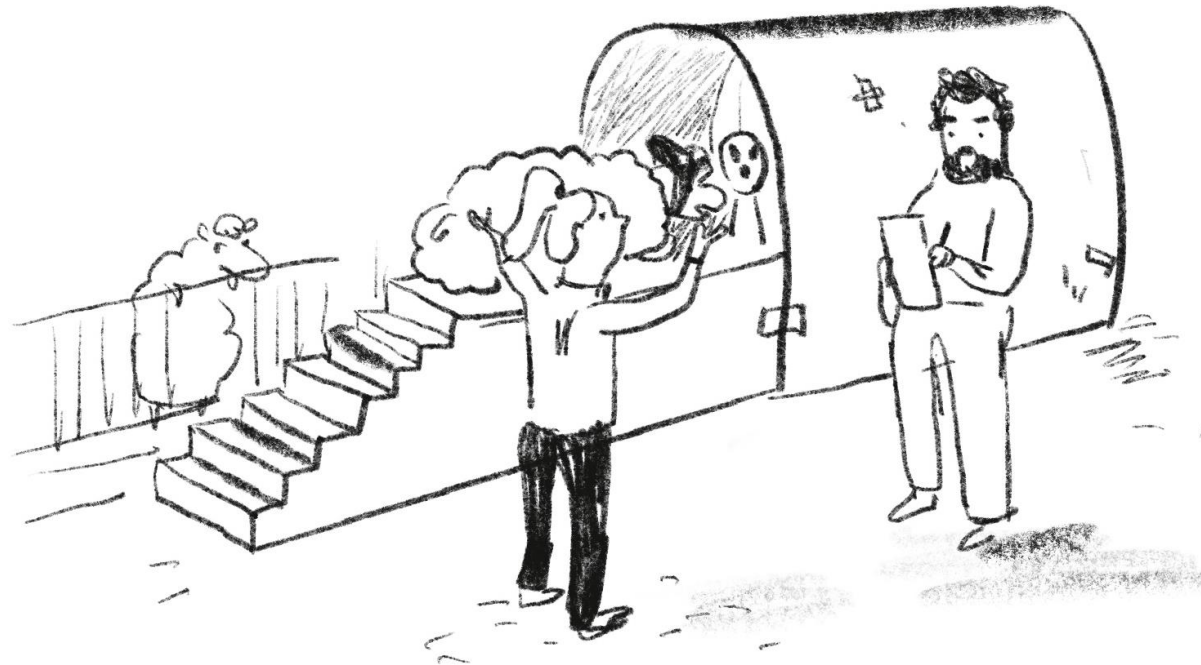


Photo prise par Camille Pluchot

---

# Validation d'un protocole d'entraînement IRM avec des ovins à l'état éveillé et sans contention

---



Ne sois pas fou !

Tu ne feras que perdre ton temps !

N'essaie même pas !

Les moutons ne peuvent pas faire ça !

Ça ne vaut pas le coup !

Les moutons ne sont pas des chiens !

C'est carrément impossible !

Ça ne marchera jamais !

HA HA HA



**INRAE**

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Les entraîneurs & leur philosophie de travail



- ❖ **Aucune expérience en entraînement animal**
- ❖ **Protocole d'entraînement individuel**
  - ❖ habitude à être seul avec l'entraîneur
- ❖ **Renforcement positif**
  - ❖ récompense alimentaire, caresses, éloges verbales
- ❖ **Relation positive mouton – l'entraîneur**
  - ❖ coopération, confiance mutuelle

# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Méthode – Les mouton



Robin  
04 mars 2022



Brook  
05 mars 2022



Maggie  
02 mars 2022



Barnita  
02 mars 2022



Lily  
03 mars 2022



Jackson  
04 mars 2022



Ted  
06 mars 2022



Tony  
07 mars 2022



Léonard  
06 mars 2022



Joe  
03 mars 2022

## Critères de sélection

- ❖ Proximité à l'humain
- ❖ Coopération à réaliser des exercices



INRAE

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Méthode - Deux phases d'entraînement distinctes

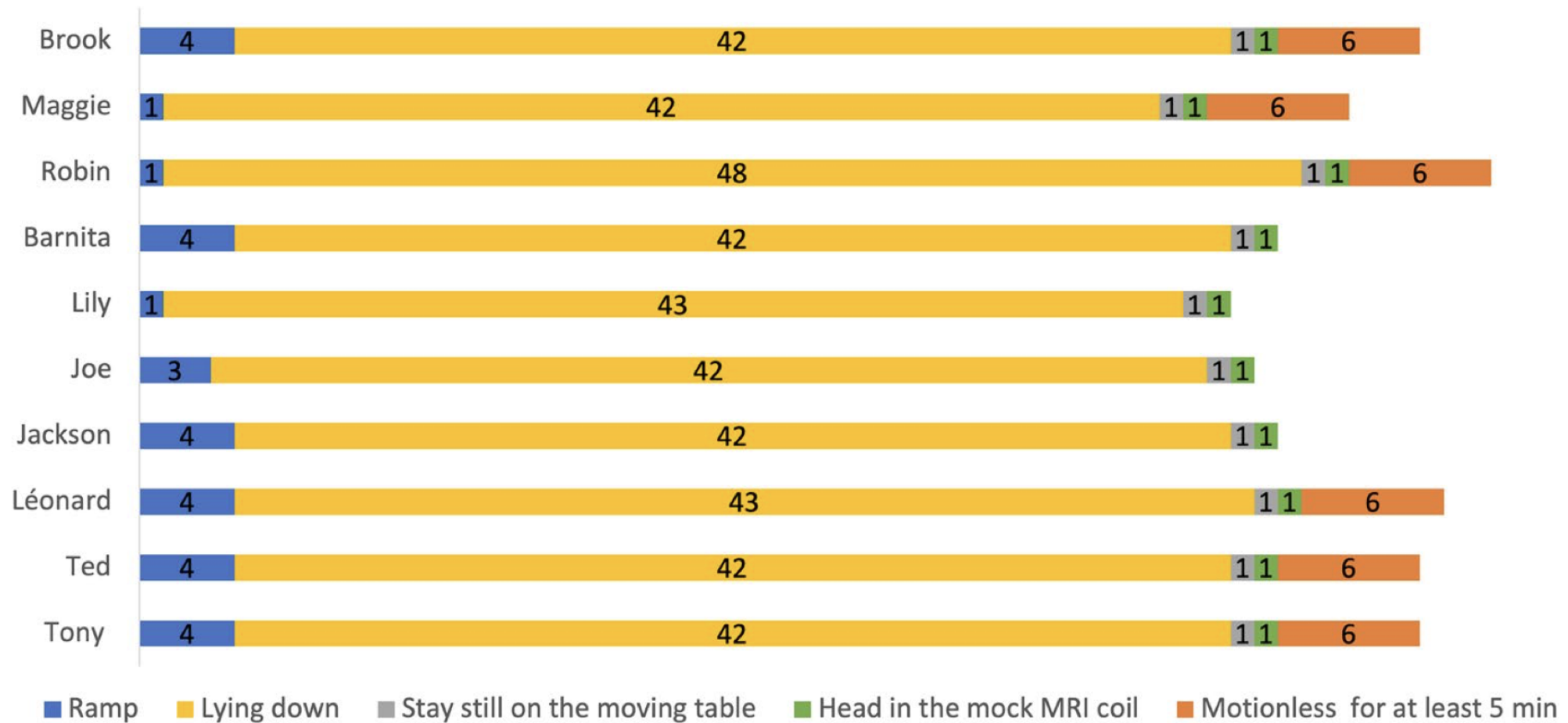
## Phase 1 - Entraînement dans la bergerie

1. Climb ramp to mock MRI table
2. Lie down on mock MRI table
3. Stay still on moving mock MRI table
4. Place head in mock RF head coil
5. Wait motionless



## ➤ Protocole d'entraînement IRM

Résultats : Phase 1 - Entraînement dans la bergerie (~5 mois)



Nombre de séances nécessaires pour atteindre chaque étape

INRAE

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE





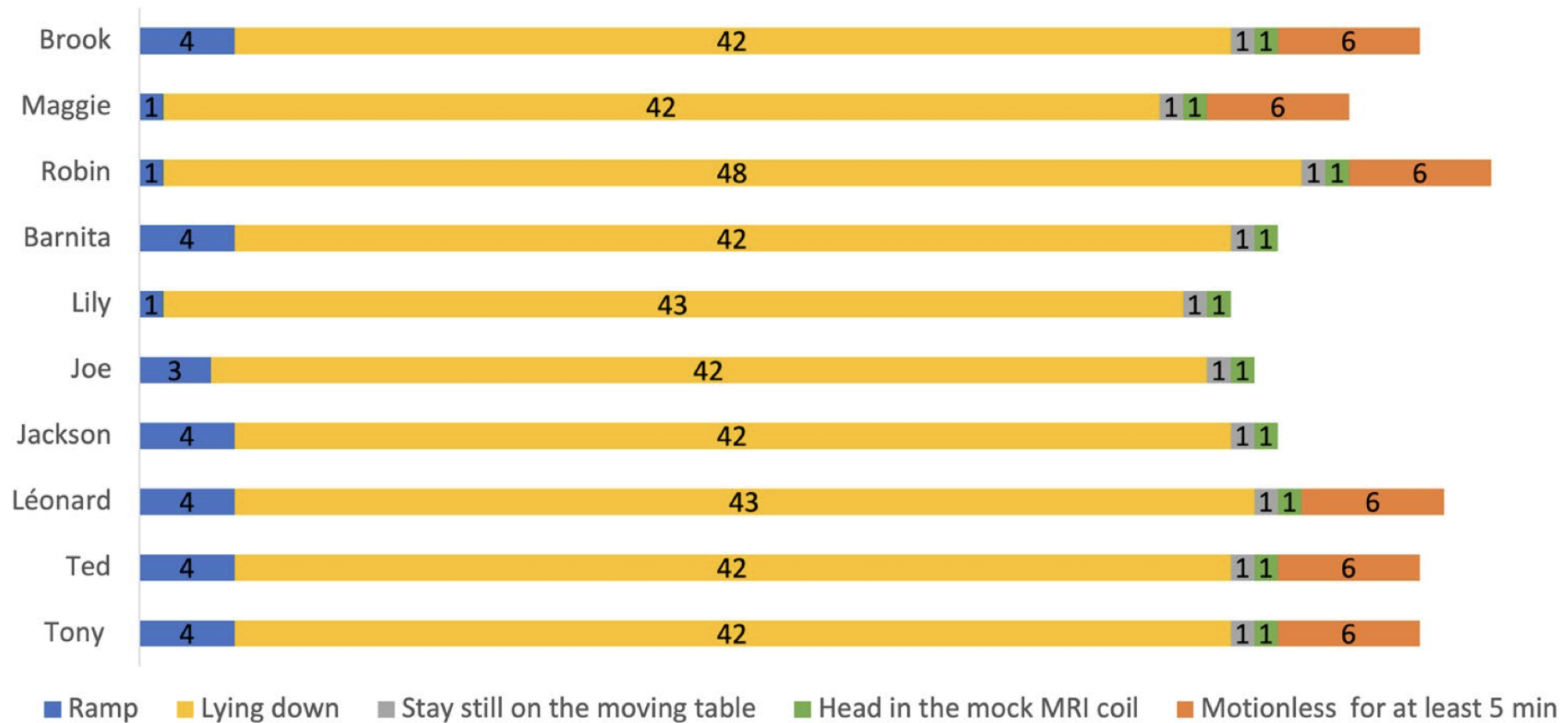
# LYING DOWN ON THE MOCK MRI TABLE

**1- LEARNING THE BEHAVIOR**

**2- BEHAVIOR ACHIEVED**

## ➤ Protocole d'entraînement IRM

Résultats : Phase 1 - Entraînement dans la bergerie (~5 mois)



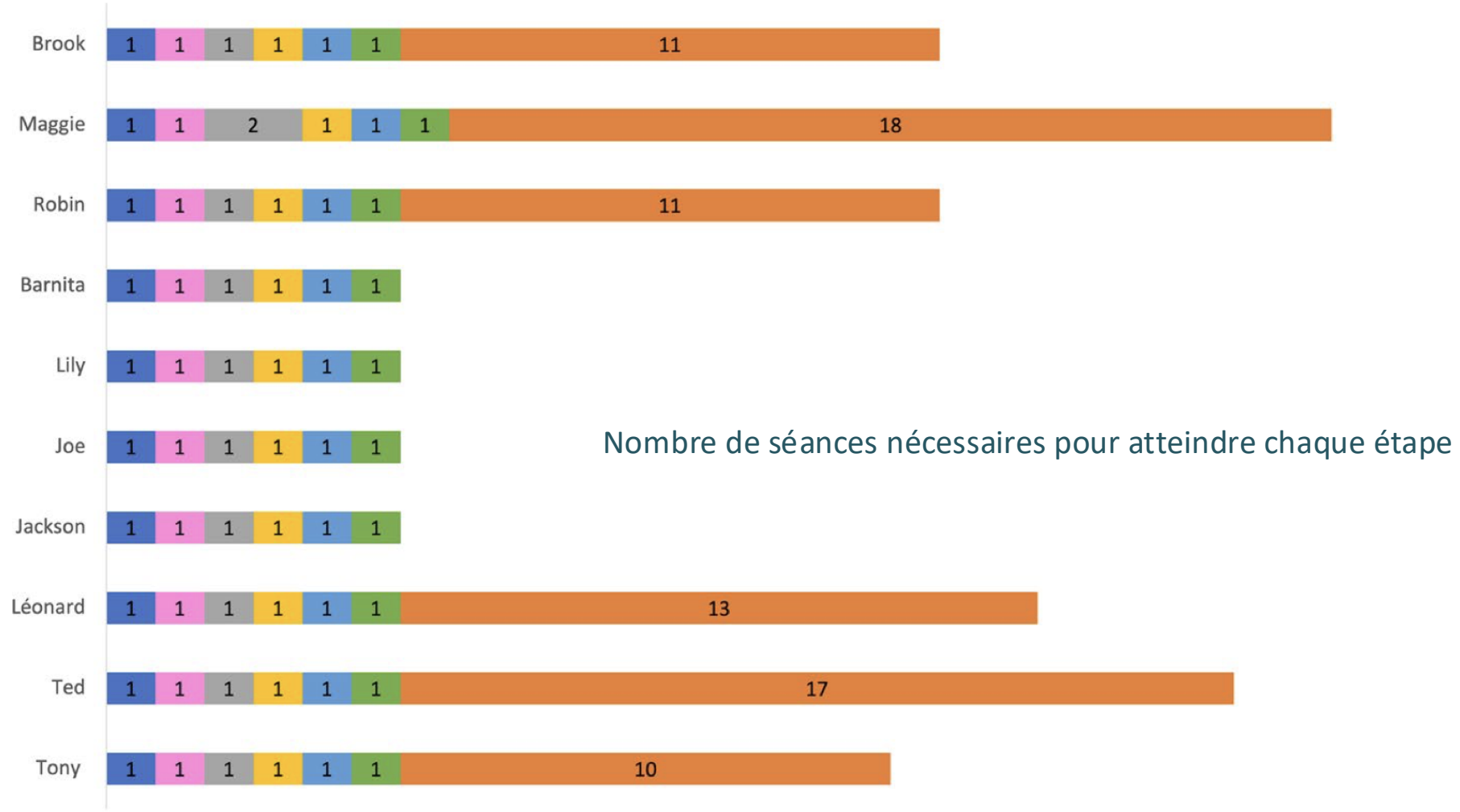
Nombre de séances nécessaires pour atteindre chaque étape





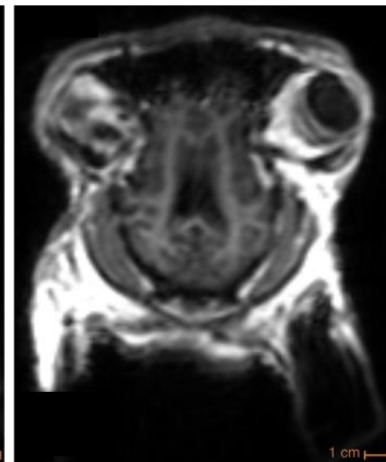
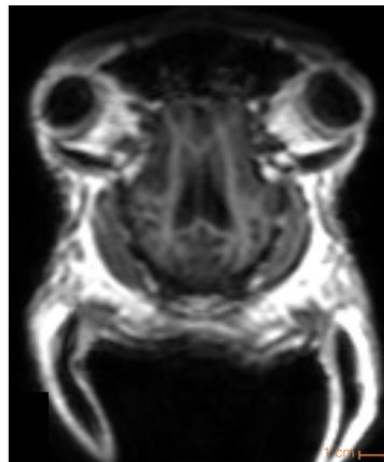
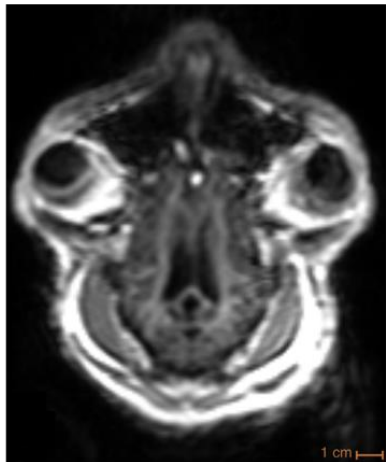
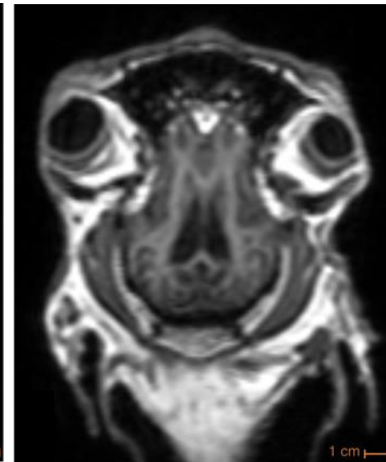
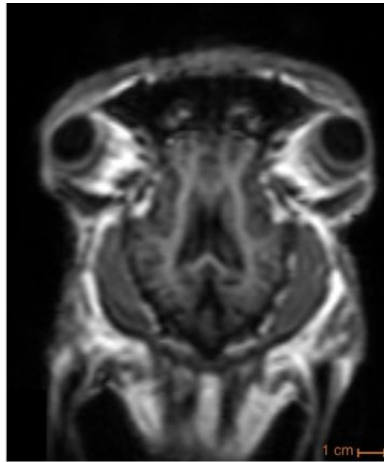
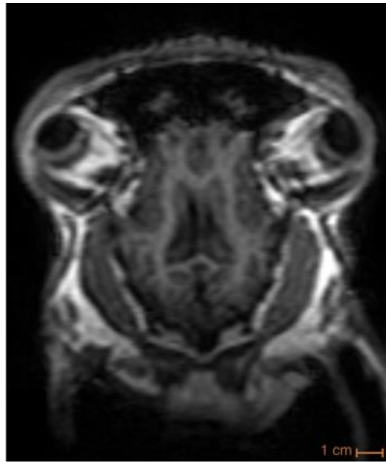
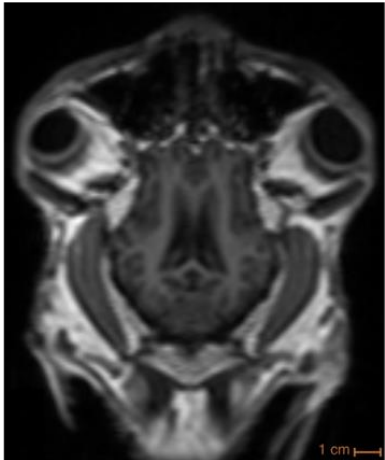
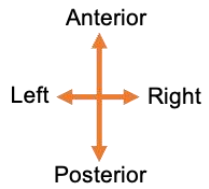
# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Résultats : Phase 2 - Entraînement dans la salle IRM (~4 mois)



# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Résultats : Images IRM pondérées en T1



**INRAE**

*IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat*

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE

**Temps d'acquisition : 2 min 36**



# ➤ Protocole d'entraînement IRM

Résultats :

Behavior Research Methods  
<https://doi.org/10.3758/s13428-024-02449-6>

ORIGINAL MANUSCRIPT

 Check for updates

## Sheep (*Ovis aries*) training protocol for voluntary awake and unrestrained structural brain MRI acquisitions

Camille Pluchot<sup>1</sup>  · Hans Adriaensen<sup>1</sup> · Céline Parias<sup>1</sup> · Didier Dubreuil<sup>2</sup> · Cécile Arnould<sup>1</sup> · Elodie Chaillou<sup>1</sup> · Scott A. Love<sup>1</sup>

Accepted: 28 May 2024  
© The Author(s) 2024



INRAE

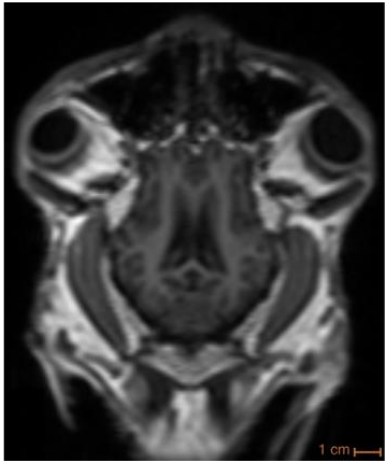
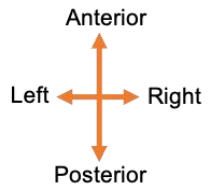
IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE

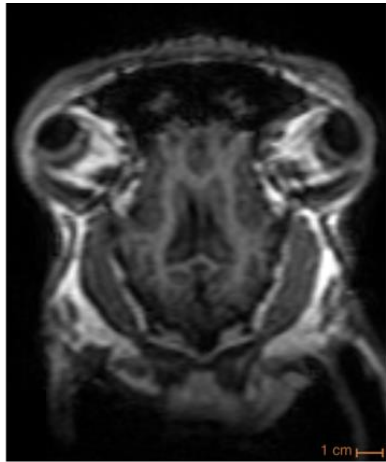


# ➤ Protocole d'entraînement IRM

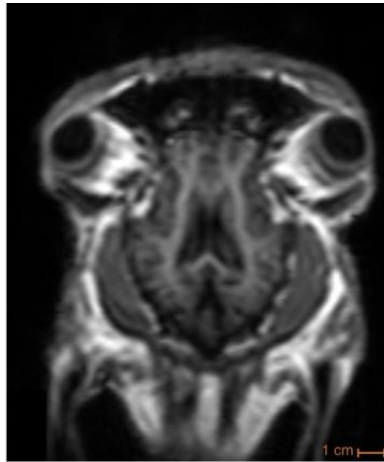
Résultats : Images IRM pondérées en T1



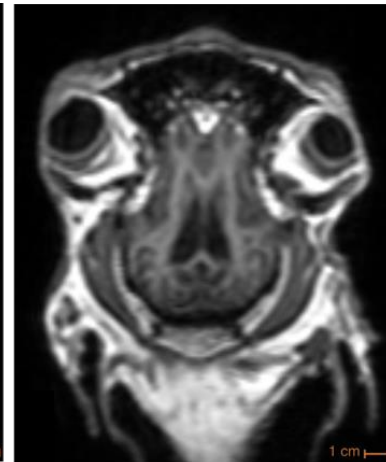
13332



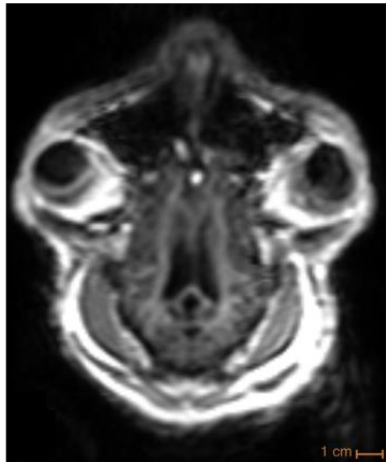
Léonard



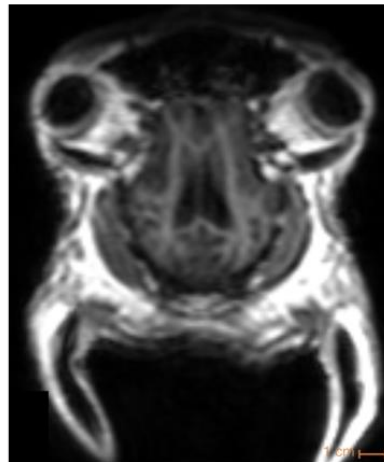
Ted



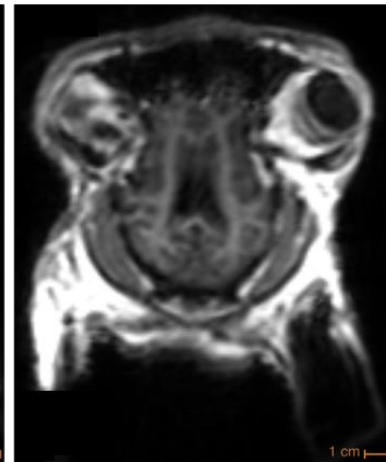
Maggie



Tony



Robin



Brook



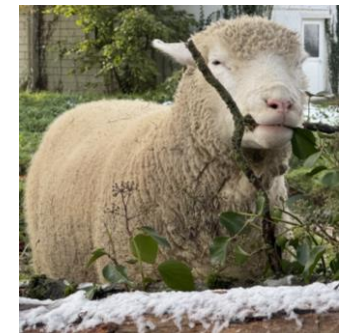
Barnita



Lily



Joe



Jackson

Temps d'acquisition : 2 min 36



INRAE

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

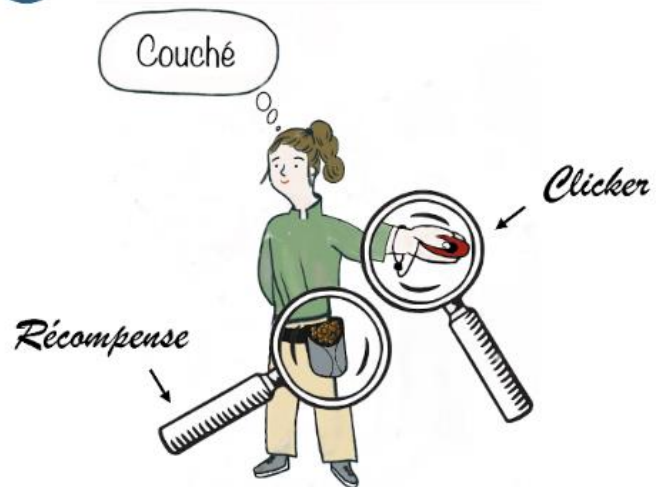
19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



# ➤ Protocole d'entraînement IRM

## Test de "clicker training"

### A Préparation de l'entraînement au clicker



### B Étape 1 : contact visuel entre l'animal et l'entraîneur



### C Étape 2 : l'animal se couche et l'entraîneur "clic" au même moment

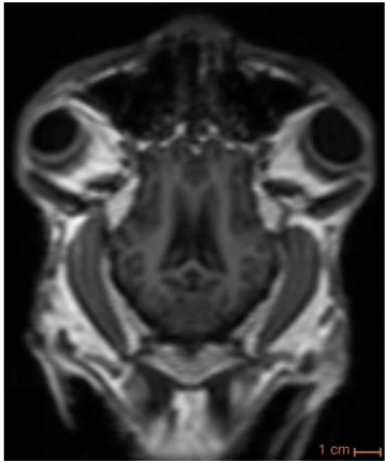
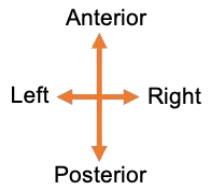


### D Étape 3 : l'entraîneur récompense l'animal

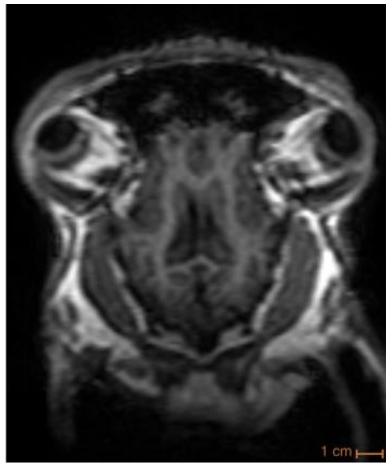


# ➤ Protocole d'entraînement IRM

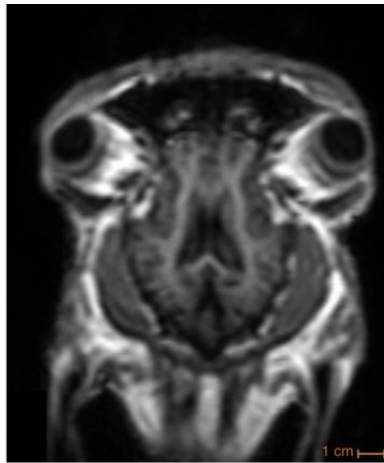
Résultats : Images IRM pondérées en T1



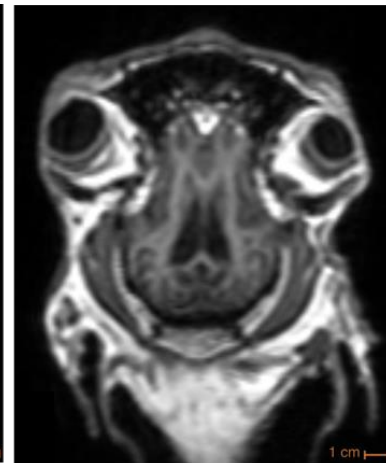
13332



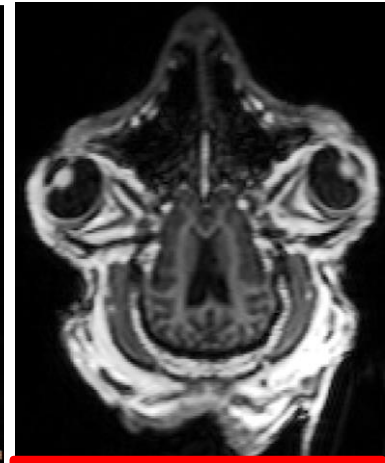
Léonard



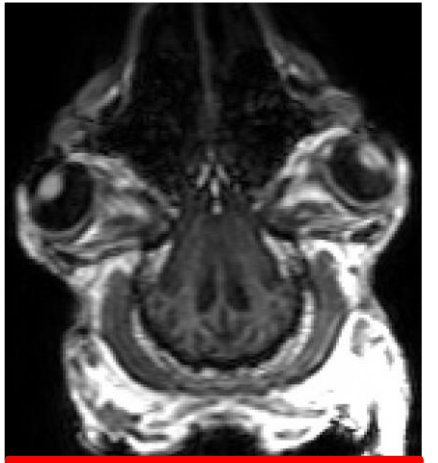
Ted



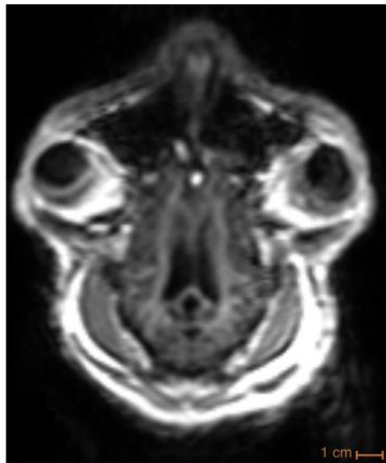
Maggie



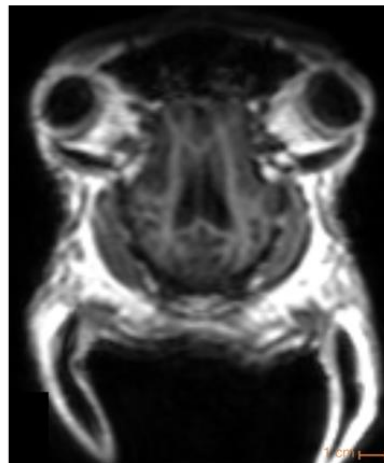
Lily



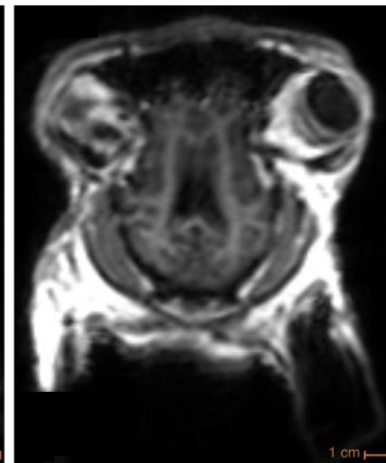
Joe



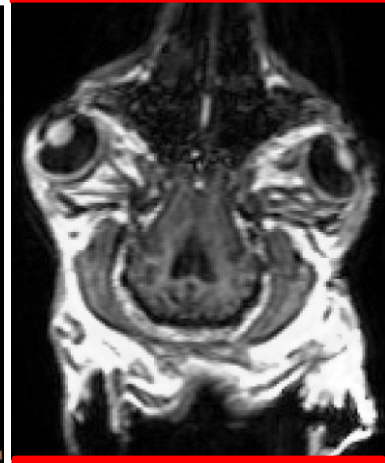
Tony



Robin



Brook



Barnita



Jackson

*Temps d'acquisition : 2 min 36*



INRAE

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE



## ➤ Take Home Message

Les moutons sont capables de passer une IRM sans anesthésie ni contention.

- ✓ Fiabilité / Robustesse des résultats
- ✓ Raffinement
- ✓ Relation positive entre l'entraîneur & l'animal

## ➤ Take Home Message

Les moutons sont capables de passer une IRM sans anesthésie ni contention.

Quelles autres espèces peuvent le faire ?



# > MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

Les Moutons

Équipe NECOS

UMR PRC

Ce projet est financé par :

- ANR SheepVoicefMRI  
(ANR-20-CE20-0001-01)
- INRAE Département PHASE



Collaborations :

- UEPAO
- Atelier PRC
- PIXANIM
- iBRAIN

Illustrations :

Elsa Maury ; Victoria  
Dorche ; Julien Fortier ;  
Coralie Maurin



**INRAE**

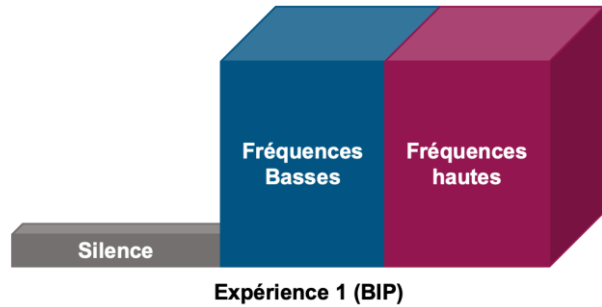
*IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat*

19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE

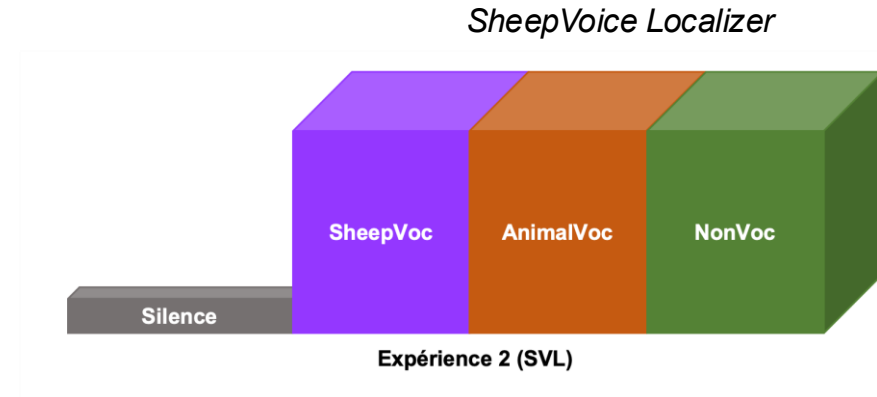


## Méthode

- ❖ Deux expériences d'IRM fonctionnelle couplées à des stimulations auditives
  - ❖ One under anaesthesia (AN) and awake (AW)
  - ❖ One only with awake individuals (AW)



- Localisation
- Tonotopie



- Localisation
- Patches vocaux

Groupe AW & Groupe AN

INRAE

IRM en recherche animale : anesthésie, contention ou volontariat

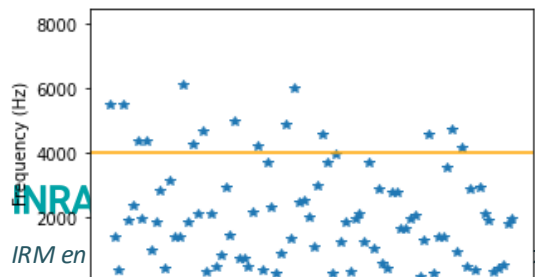
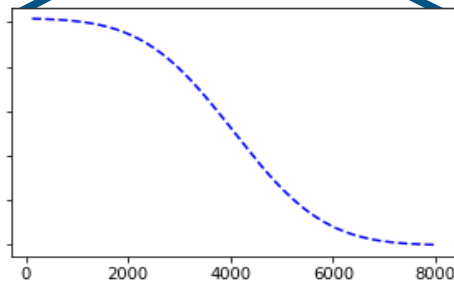
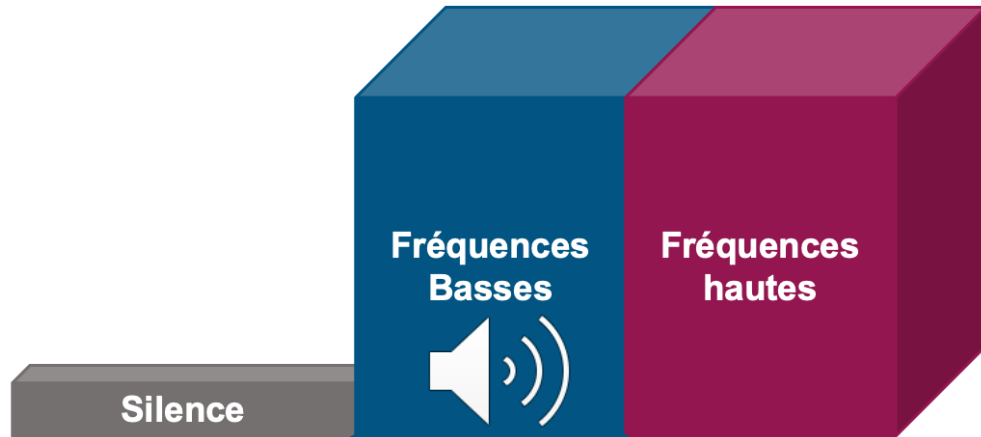
19 novembre / AFSTAL 2025 – Des animaux et des machines / Scott LOVE

Groupe AW



## Méthode

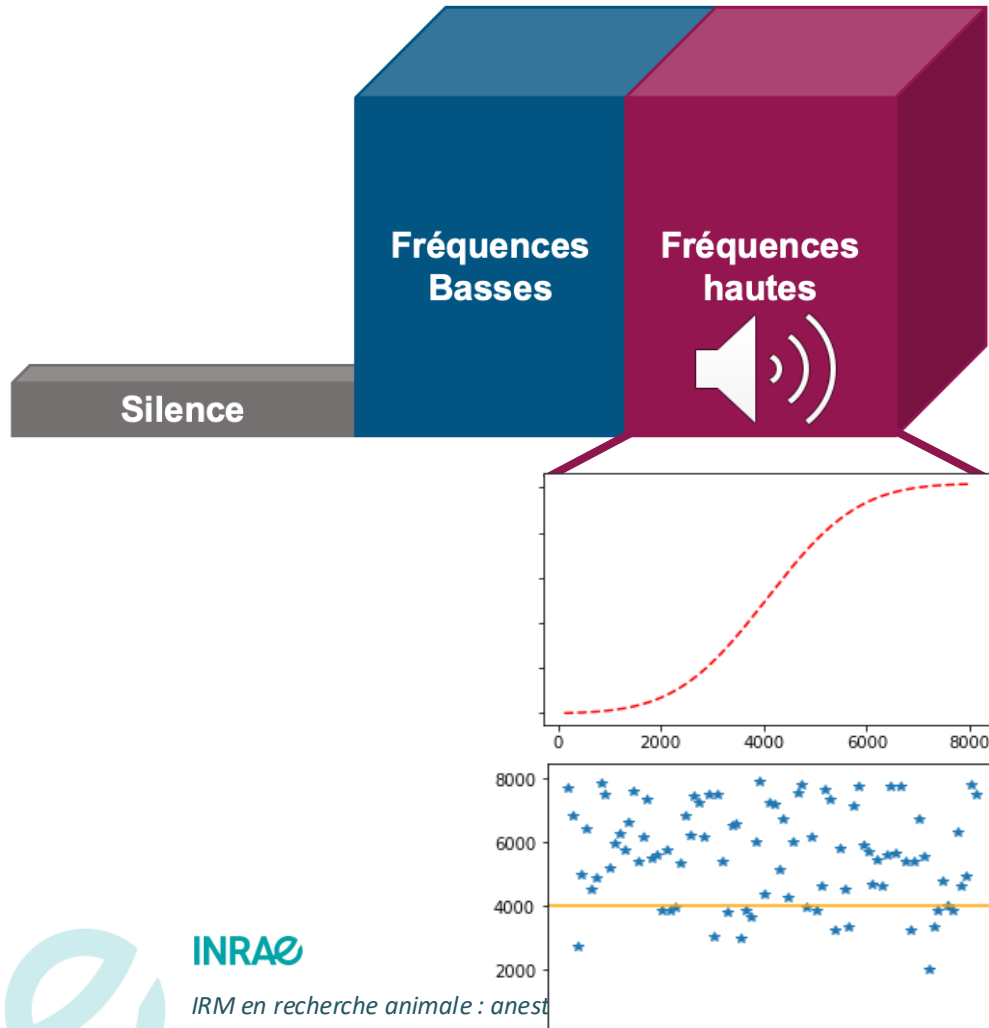
### Expérience 1 (BIP)



- ❖ Fréquences pures : 125 – 8000 Hz (*Langers et al., 2014*)
- ❖ Un bloc de référence : silence
- ❖ Deux blocs de stimulations
  - ❖ 88 fréquences pures
    - ❖ 75 ms
    - ❖ 25 ms silence entre 2 fréquences
  - ❖ 8 800 ms

## Méthode

### Expérience 1 (BIP)



- ❖ Fréquences pures : 125 – 8000 Hz (*Langers et al., 2014*)
- ❖ Deux blocs de stimulations & 1 bloc de référence
  - ❖ 8 800 ms
  - ❖ 88 fréquences pures
    - ❖ 75 ms
    - ❖ 25 ms silence entre 2 fréquences
- ❖ Présentation pseudo-aléatoire

## Méthode

### Expérience 2 (SVL)



- ❖ Vocalisations & sons environnementaux  
(*Belin et al., 2000 ; Andics et al., 2014 ; Bodin et al., 2021*)
- ❖ Trois blocs de stimulations & 1 bloc de référence
  - ❖ 8 000 ms
  - ❖ 7 sons sélectionnés à partir des 16 sons par condition
    - ❖ 0.45 à 2.1 sec
    - ❖ 18 à 39 ms silence entre 2 sons
- ❖ Présentation pseudo-aléatoire

## Le cortex auditif ovin



**Localisation** : gyrus ectosylvien antérieur et postérieur



**Tonotopie** : gradient dorso-ventral dans la partie dorsale du gyrus ectosylvien postérieur



**Patches vocaux** : Gyrus ectosylvien antérieur et postérieur

→ Variabilité interindividuelle comme décrit par *Pernet et al., 2015*

