



**HAL**  
open science

## Capteur 4 canaux pour l'IRM simultanée du cartilage articulaire des 2 genoux de rat à 7T

Jean Christophe Goebel, A.L. Perrier, Astrid Pinzano, Pierre Gillet, Denis Grenier, Olivier Beuf

► **To cite this version:**

Jean Christophe Goebel, A.L. Perrier, Astrid Pinzano, Pierre Gillet, Denis Grenier, et al.. Capteur 4 canaux pour l'IRM simultanée du cartilage articulaire des 2 genoux de rat à 7T. Recherche en Imagerie et Technologies pour la Santé, RITS 2011, 2011, Rennes, France. hal-01984029

**HAL Id: hal-01984029**

**<https://hal.science/hal-01984029>**

Submitted on 16 Jan 2019

**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.

# Capteur 4 canaux pour l'IRM simultanée du cartilage articulaire des 2 genoux de rat à 7T

Jean-Christophe GOEBEL<sup>1</sup>, Anne-Laure PERRIER<sup>1</sup>, Astrid PINZANO<sup>2</sup>, Pierre GILLET<sup>2</sup>, Denis GRENIER<sup>1</sup>, Olivier BEUF<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CREATIS; CNRS UMR 5220; Inserm U1044; INSA-Lyon; Université Claude Bernard Lyon1, Villeurbanne

<sup>2</sup>P2IA; CNRS UMR 7561; Nancy Université, Vandœuvre-Lès-Nancy

## Introduction

L'IRM quantitative, **IRMq**, appliquée au **petit animal** requiert une **résolution spatiale élevée**, tout en offrant un rapport signal à bruit (**RSB**) satisfaisant. Dans l'optique de caractériser la **morphologie** et l'**architecture matricielle** du **cartilage articulaire**, nous avons développé un capteur multiéléments autorisant l'**imagerie haute résolution** (HR), à 7 Teslas, simultanée des genoux chez le rat.

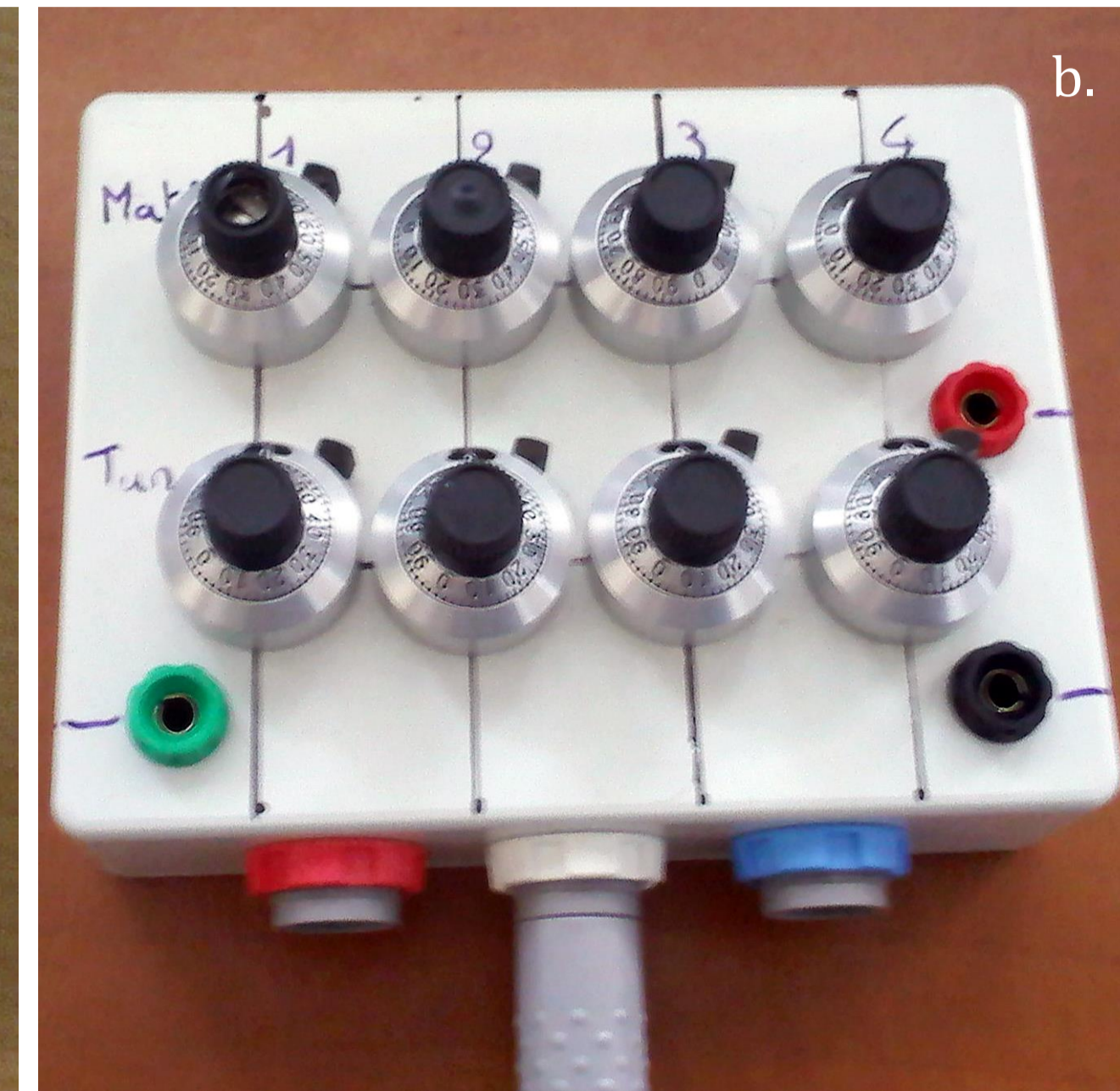
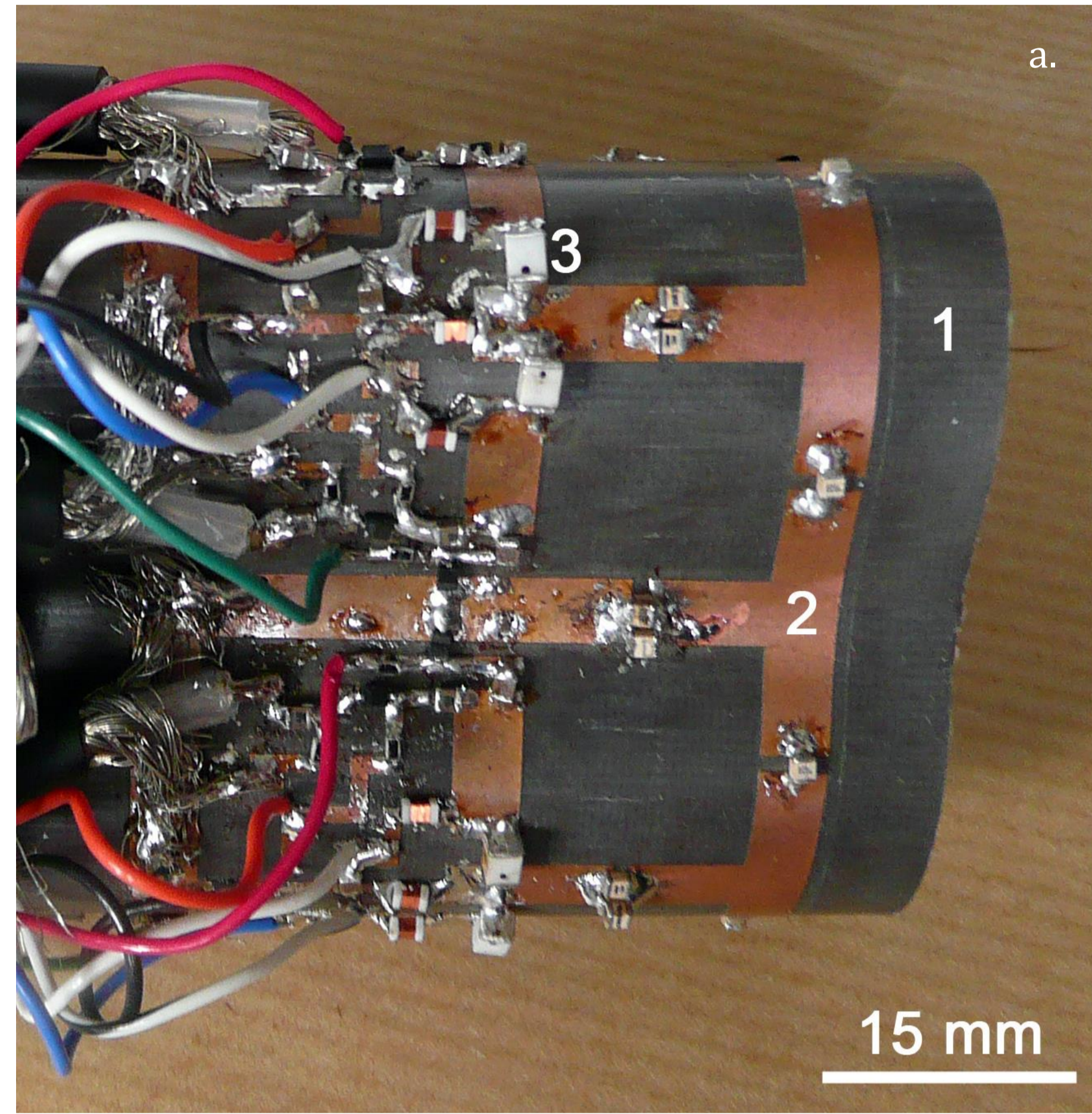
## Méthode

### Capteur développé (fig. 1) :

- ✓ **géométrie incurvée** adaptée à l'**anatomie** des articulations
- ✓ **résonance** à 300,3 MHz (f. Larmor du proton à 7T), **adaptation** à 50Ω (paire de varactors BB149)
  1. **substrat souple** Rogers™ RT/duroid 5880 (ép. diélectrique 508μm, ép. conducteur 35 μm)
  2. **quatre boucles réceptrices** rectangulaires (14x15mm<sup>2</sup> interne, 18x19mm<sup>2</sup> externe)
  3. **découplage actif** (2 diodes PIN DH 80106 en parallèle)

### Paramètres S :

- ✓ **analyseur de réseau vectoriel** 4 ports E5071C (Agilent Technologies Inc., USA)
- ✓ capacités amagnétiques ATC de **découplage** ajustées expérimentalement afin d'obtenir une **transmission Sij** la plus **faible** possible entre les différents canaux



**Fig. 1. a.** Capteur RMN multiéléments à 4 canaux réceptifs destiné à l'imagerie *in vivo* HR du cartilage fémoro-tibial des 2 genoux chez le rat à 7 Teslas. **b.** Boîtier de découplage permettant l'accord et l'adaptation de chacun des 4 canaux.

## Tests in vitro

- ✓ imageur **Biospec 7 Teslas** (Bruker, Allemagne), gradients 400 mT/m, interface **ParaVision 5.1**
- ✓ bobine émettrice **Bruker Biospin** de type cage d'oiseau (72mm diam. interne)
- ✓ **fantômes test** : cylindres, 15mm diam. interne, solution saline (NiSO<sub>4</sub> 1,25g/L ; NaCl 5g/L).
- ✓ **acquisition** : séquence FLASH 3D, FOV= 65x65 mm<sup>2</sup>, matrice= 256x256, 128 coupes, épaisseur du volume = 32,5 mm, bande passante= 50 kHz, TR/TE 15/6 ms

## Etude in vivo

- ✓ **acquisitions in vivo** : rats Wistar, mâles, sains
- ✓ plateforme IRM et séquence identiques aux tests *in vitro*
- ✓ **matrice** d'acquisition augmentée : 512 x 512 x 384 acquis sur 4 canaux simultanément
- ✓ **reconstruction** et combinaison des canaux réalisée hors-ligne dans l'environnement **Matlab** (Mathworks, USA)

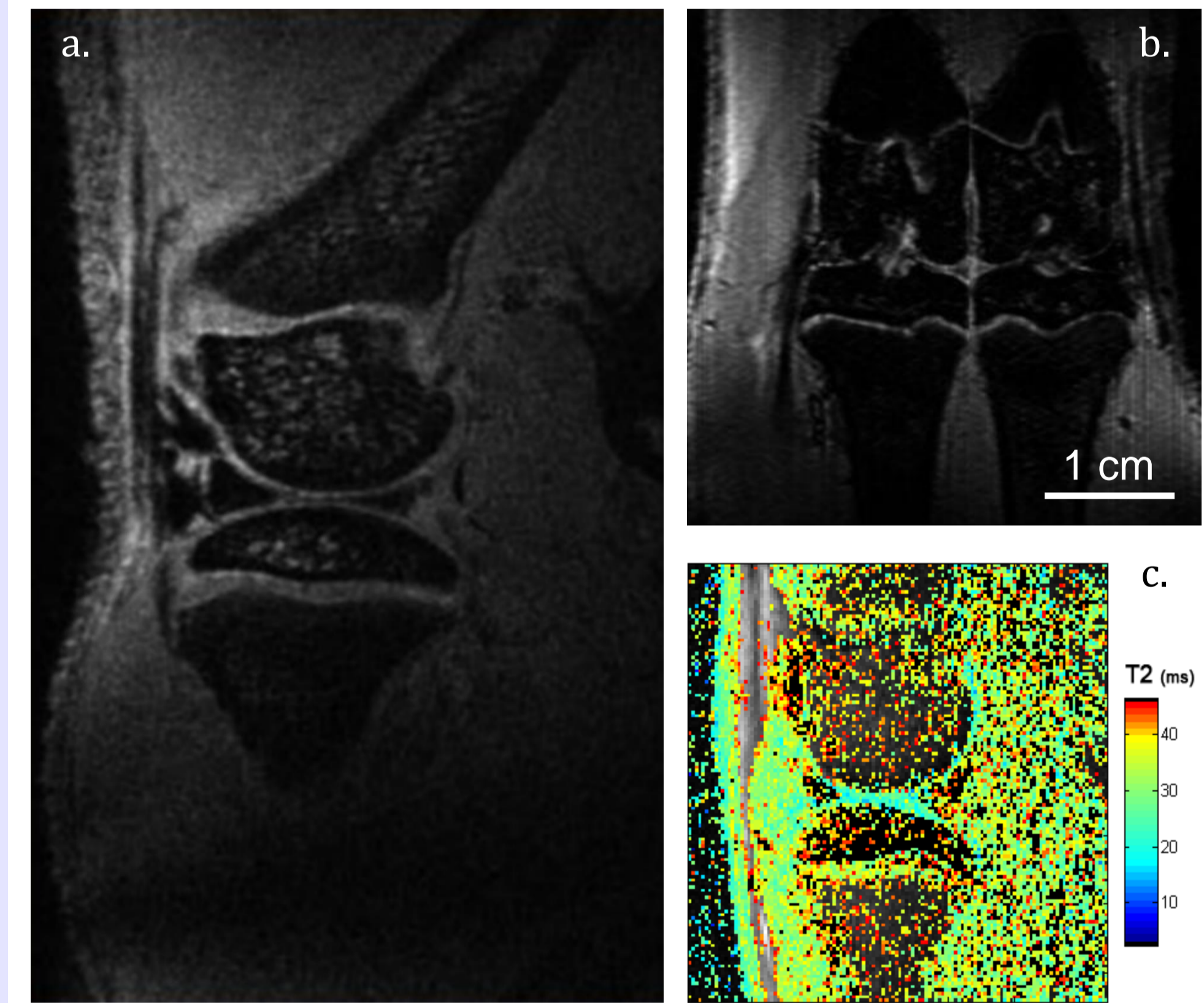
## Résultats

### RSB (fig. 2) :

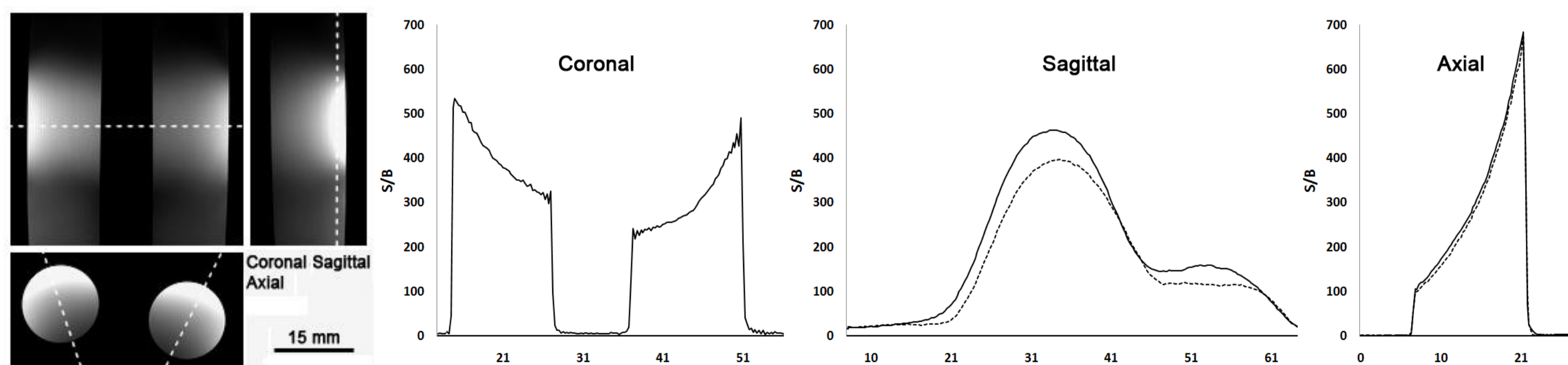
- ✓ **RSBmax** = 685
- ✓ **volume exploré** :
  - RSB ≥ [90% de RSBmax] : 2,4 mm<sup>3</sup>
  - RSB ≥ [50% de RSBmax] : 1386,3 mm<sup>3</sup>
- ✓ **3,4 fois supérieur** à une bobine commerciale en quadrature (T/R quadrature volumic coil 32mm RAPID Biomedical GmbH, Allemagne)

### Application in vivo (fig. 3) :

- ✓ **résolution spatiale** : 49x49x94 μm<sup>3</sup> permettant une **segmentation** des compartiments cartilagineux d'intérêt (articulations fémoro-tibiales)
- ✓ **acquisition simultanée** des 2 genoux, avec RSB satisfaisant
- ✓ **gain de temps** conséquent : durée d'examen divisée par deux
- ✓ compatible avec un **suivi longitudinal in vivo** de la physiopathologie articulaire chez le rat



**Fig. 3. a.** Coupe sagittale de genou de rat obtenue *in vivo* avec le capteur 4 canaux développé. Grâce à ce capteur, la résolution spatiale est de 49x49x94 μm<sup>3</sup>. **b.** Formatage des données dans le plan coronal : acquisition simultanée des deux articulations. **c.** Superposition de la cartographie T2 sur l'image anatomique. Les valeurs de T2 sont obtenues avec une séquence Multi-Slice Multi-Echos à 6 TE (calculs effectués dans l'environnement Matlab (MathWorks, USA)).



**Fig. 2.** Images des fantômes test (coronales obtenues avec la séquence FLASH 3D, puis reformatées suivant les plans sagittal et axial). Profils RSB dans les 3 plans de l'espace : la valeur RSBmax obtenue avec notre capteur est de 685.

## Références

- [1] O. Beuf et al, Methods Mol Med, Vol.101.:219-29, 2004
- [2] P.B. Roemer et al, Magn Reson Med, Vol.16:192-225, 1990
- [3] D. Gareis et al, NMR Biomed, Vol.20:326-34, 2007
- [4] A. Rengle et al, IEEE Trans Biomed Eng, Vol.56:2891-7, 2009
- [5] J.C. Goebel et al, Rheumatology, Vol.49:1654-64, 2010

## Remerciements

Ces travaux sont financés par l'ANR, référence : ANR-09-BLANC-0150-01, **CEMABIR** (Cartilage Engineering and MRI: Assessment of Biointegration and Biofunctionality in the Rat)



## Discussion - Conclusion

Un **capteur unique** composé de 4 éléments a été conçu et caractérisé. La prise en compte dès la conception des couplages inductifs entre les 4 éléments pour une géométrie fixe a permis de trouver des solutions plus satisfaisantes lors de la modélisation pour **minimiser les couplages mutuels** entre les différents éléments.

L'écartement entre les genoux est réduit et l'**homogénéité du champ magnétique** est ainsi améliorée, ce qui rend plus uniforme la suppression de graisse appliquée pour augmenter le contraste des images.

La **résolution spatiale** a encore progressée en passant à une taille de voxel de **49 x 49 x 94 μm<sup>3</sup>** par rapport à nos précédents travaux.