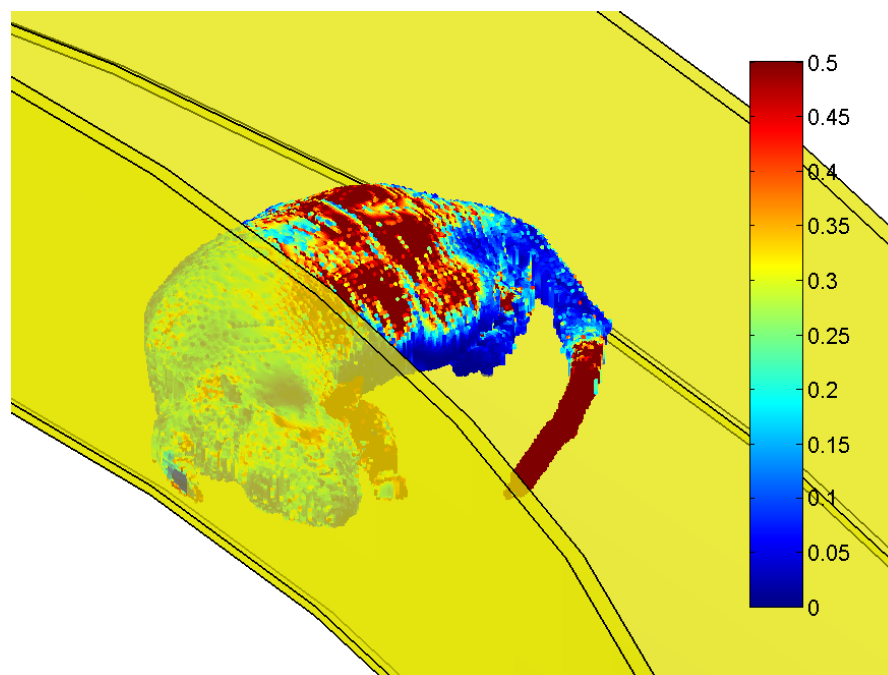


Dosimétrie des systèmes d'exposition utilisés pour les études en laboratoire

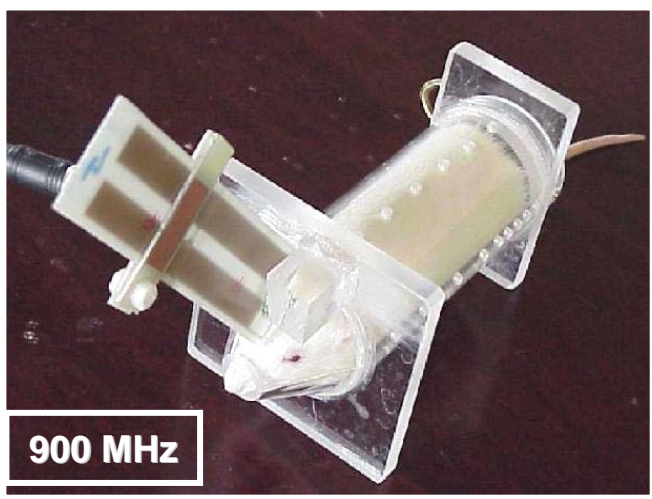
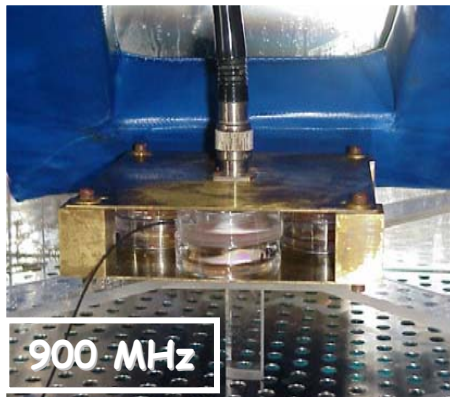
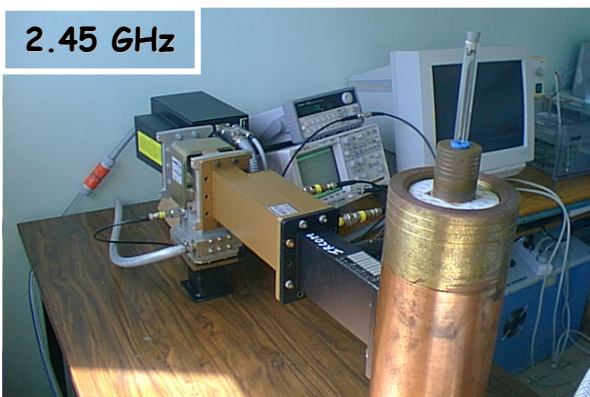


XLIM - UMR 6172 CNRS
LIMOGES France

Philippe LEVEQUE
philippe.leveque@xlim.fr

Systemes d'exposition

Études en laboratoire : conditions bien maîtrisées



Caractériser les expositions => **dosimétrie**

Dosimétrie des systèmes d'exposition

- les systèmes d'exposition in vivo et in vitro doivent être bien contrôlés.

=> SIMULATION NUMÉRIQUE et MESURE

- Dosimétrie numérique est basée sur les simulations électromagnétique, thermique.

- Détermination
 - distribution de champ électromagnétique E, H, P
 - distribution de DAS S.A.R.
 - distribution de température T°

L'absorption spécifique de l'énergie (AS) est définie comme **l'énergie absorbée par unité de masse** de tissus biologiques (J/kg).

Le débit d'absorption spécifique (DAS) de l'énergie moyennée sur l'ensemble du corps ou sur une partie quelconque du corps, est définie comme étant le **débit avec lequel l'énergie est absorbée par unité de masse** de tissu biologique et elle est exprimée en watts par kilogramme (W/kg). Le DAS peut être calculé en utilisant l'une des trois relations suivantes:

$$DAS = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

$$DAS = \frac{cdT}{dt}$$

$$DAS = \frac{J^2}{\rho\sigma}$$

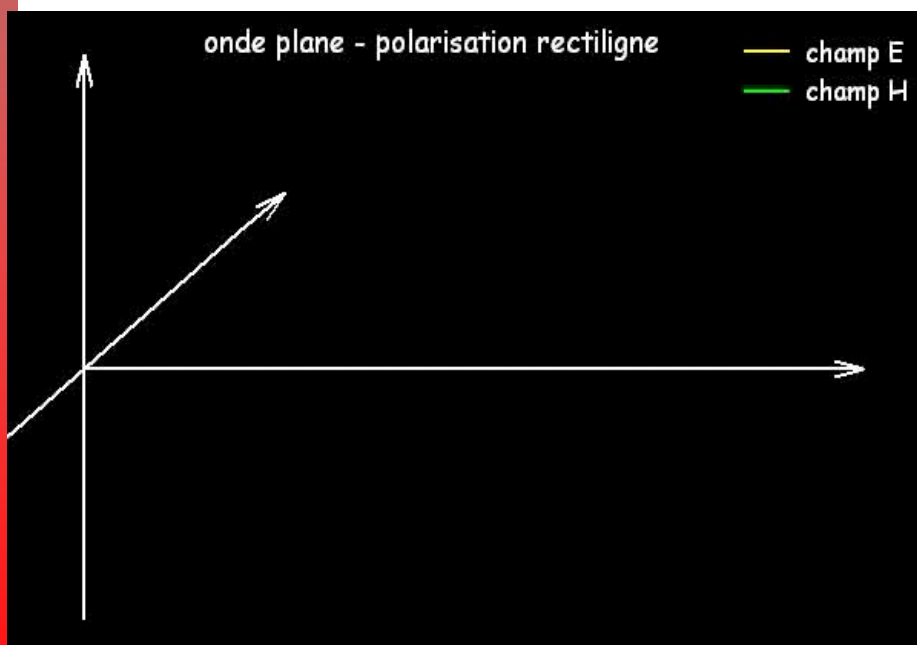
Dosimétrie des systèmes d'exposition

Onde EM :

- $E(V/m)$, $H(A/m)$, $S(W/m^2)$
- interagit avec la matière

Propriétés EM :

- diélectrique, magnétique et conductrice



2003@IRCOM - Onde plane / champ E /



2003@IRCOM - Onde plane / champ E /



Dosimétrie des systèmes d'exposition

□ Tube à essai dans une cavité cylindrique

□ Solution biologique (2.45 GHz, 37°C)

$$\epsilon_r = 75 ; \sigma = 2.85 \text{ S/m} ; \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{volume} = 5 \text{ mL} \Rightarrow 5 \text{ g}$$

□ **estimation du DAS**, cavity perfectly matched

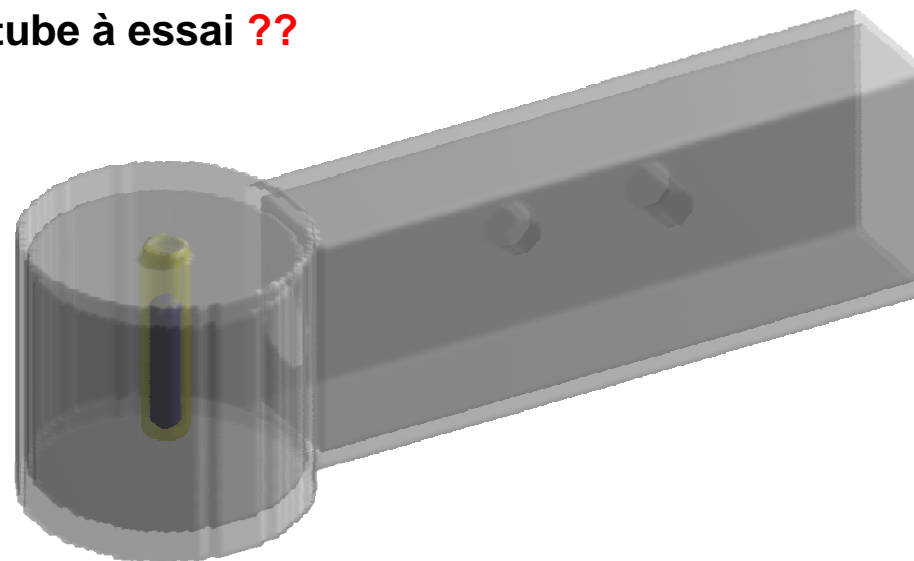
$$\text{DAS} \Rightarrow 1 \text{ W for } 5 \text{ g} \Rightarrow 200 \text{ W/kg}$$

□ Distribution du champ **E et DAS** dans le tube à essai ??

□ **Simulation** :

FDTD method (1 x 1 x1 mm)

Excitation : guide d'onde rectangulaire



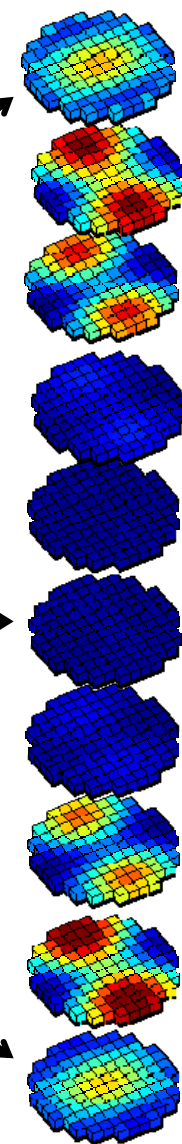
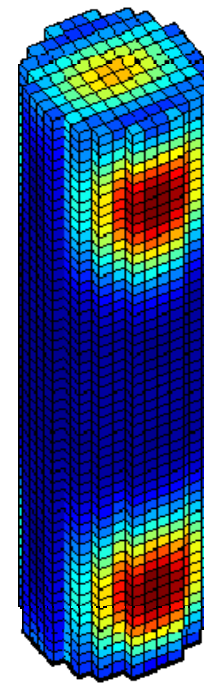
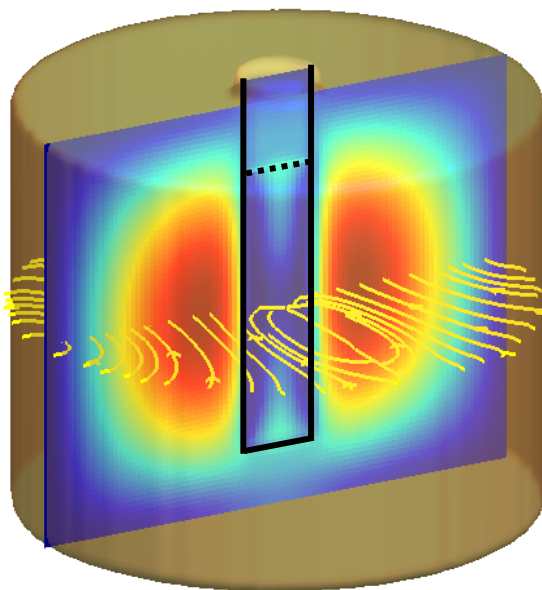
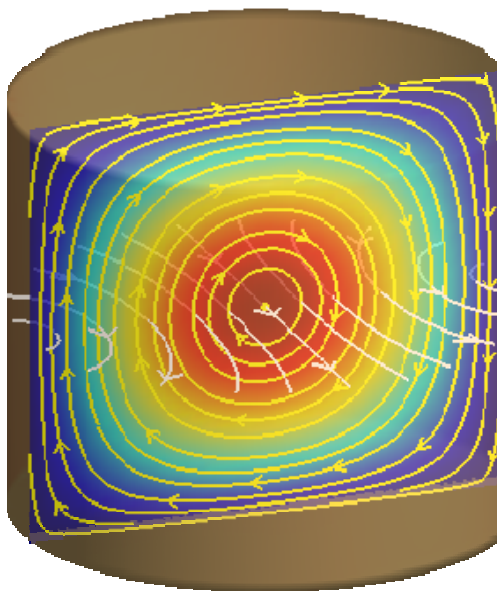
Cavity and Test Tube : SAR at 2.45 GHz

E Field distribution

SAR distribution

without test tube

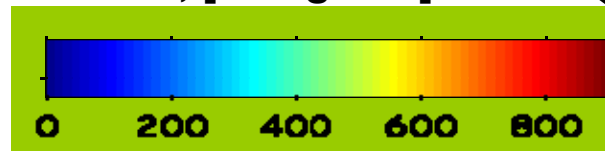
with test tube



E field, [normalised]

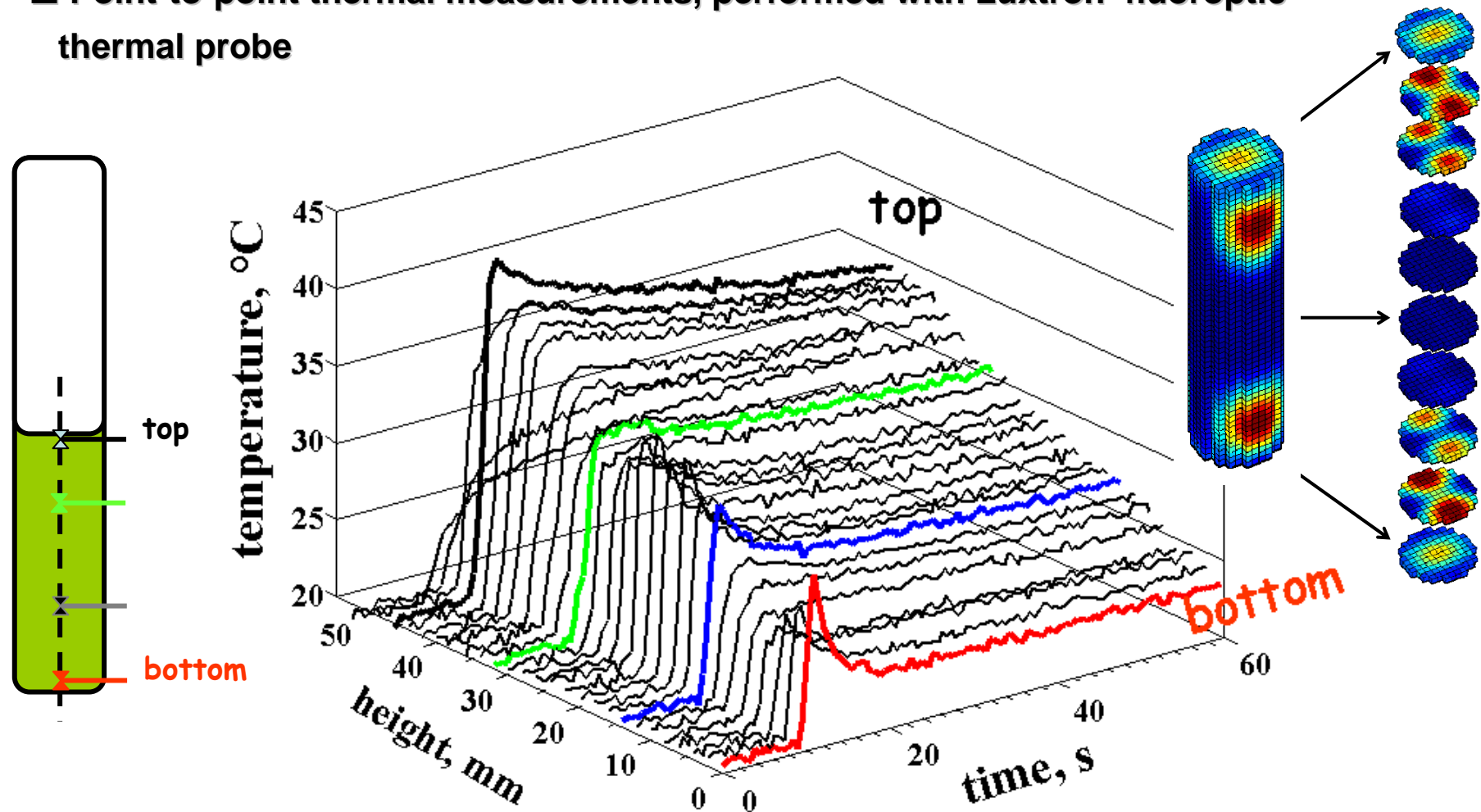


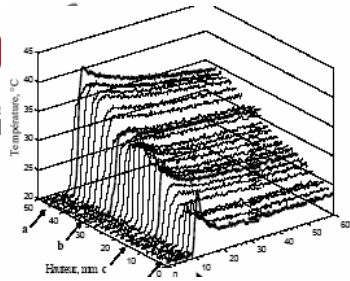
SAR, [W/kg / W]



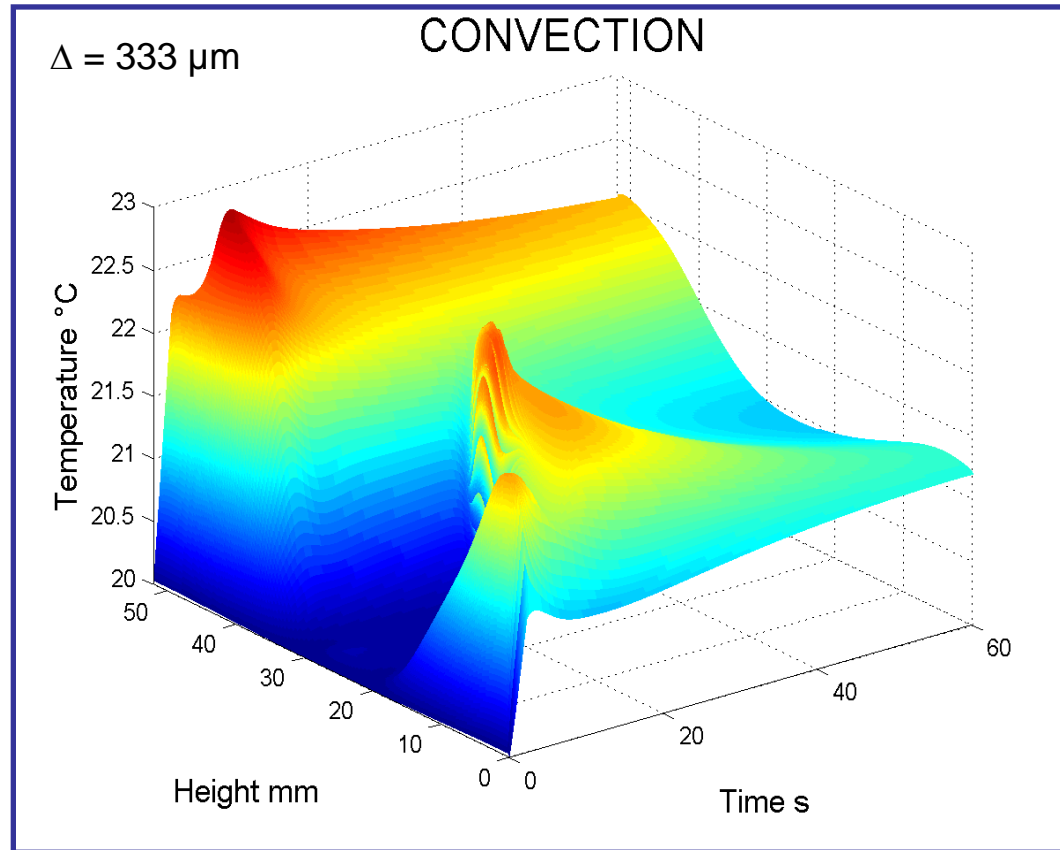
Temperature Measurement

- Microwave pulse : 200 W, 2.3 s, 20°C to 37° C
- Point-to-point thermal measurements, performed with Luxtron fluoroptic thermal probe

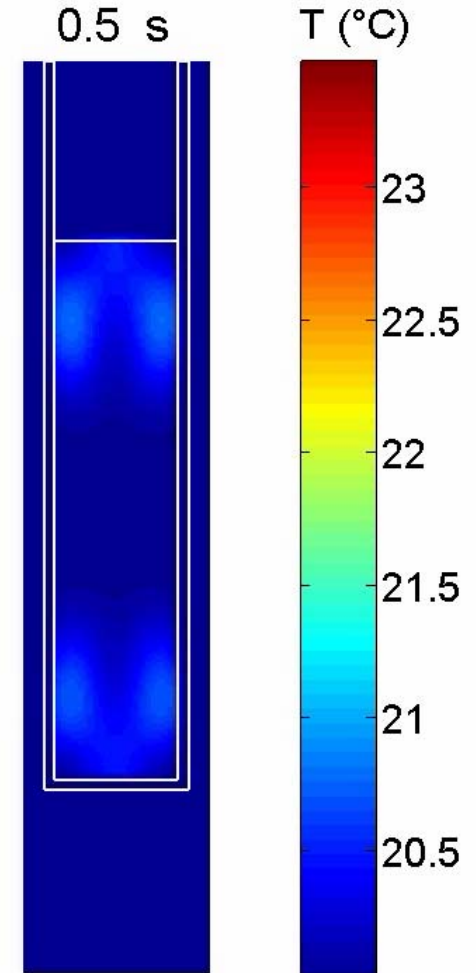




Conduction and Convection

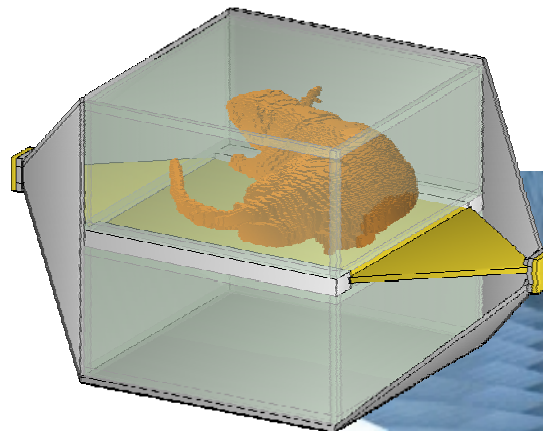
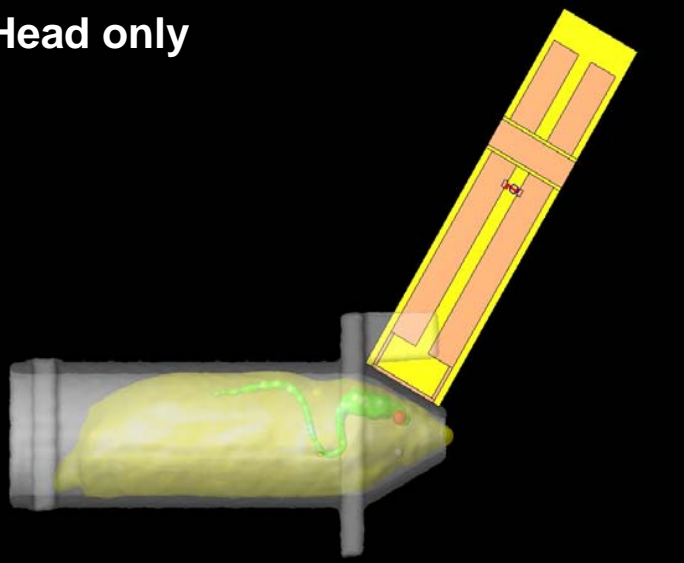


Hot temperatures move to the top of the test tube

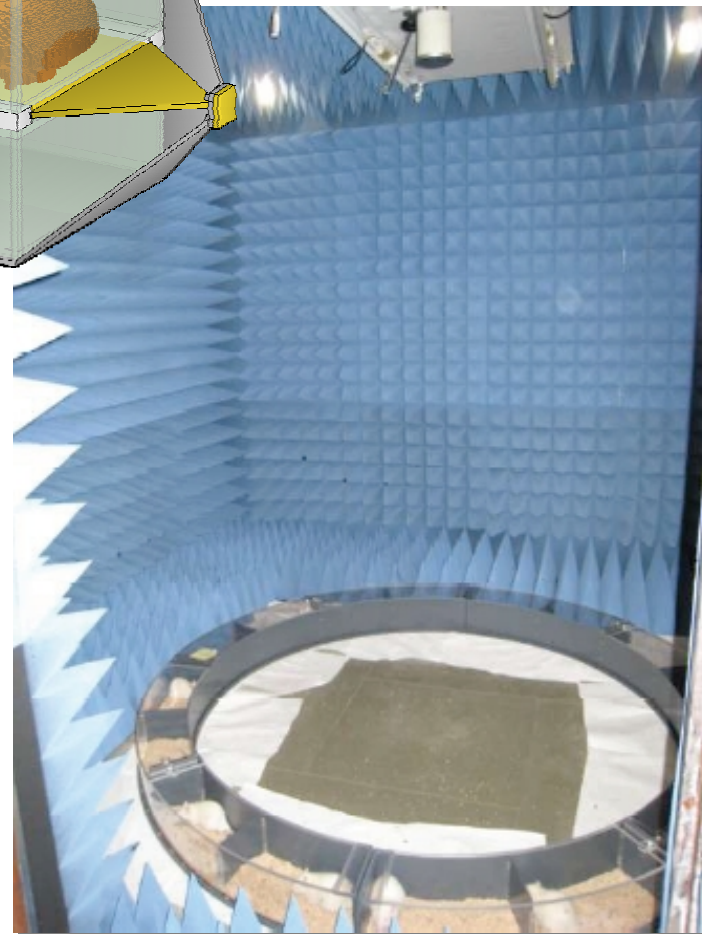


In vivo exposure

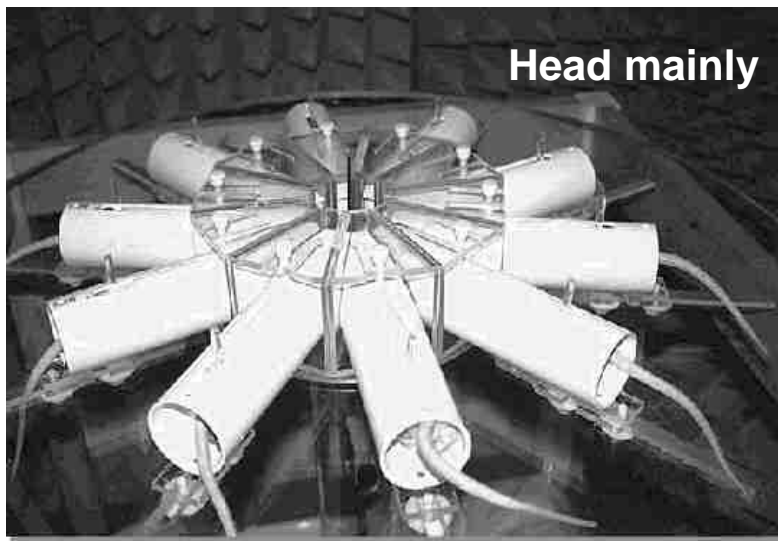
Head only



Whole body



Head mainly



Analyse d'un système d'exposition

- ❑ MxDOS - Fondation "Santé et Radiofréquence"
- ❑ Etude franco russe / OMS
- ❑ Biophysics Institute in Moscow et PIOM/IMS Bordeaux :
- ❑ **Système d'exposition** : champ lointain

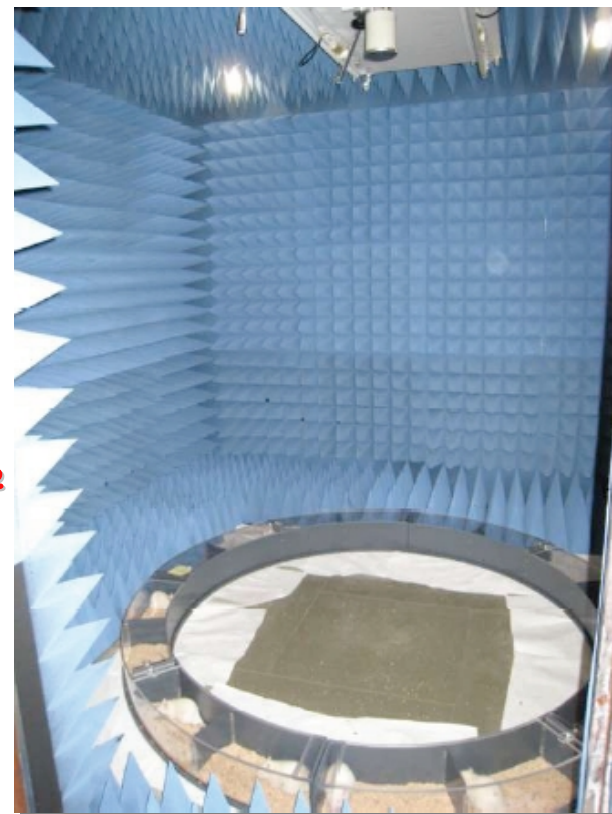
générateur, câble coaxial

anneau

antenne, champ EM rayonné

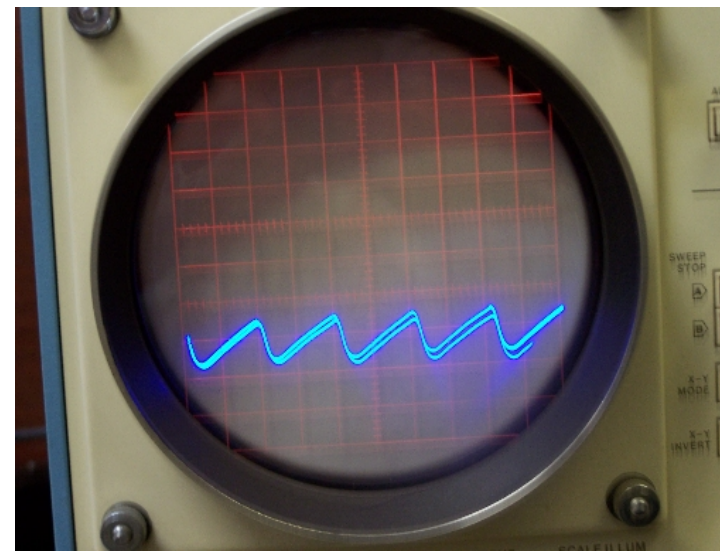
densité de puissance incidente 5 W/m^2

D.A.S.

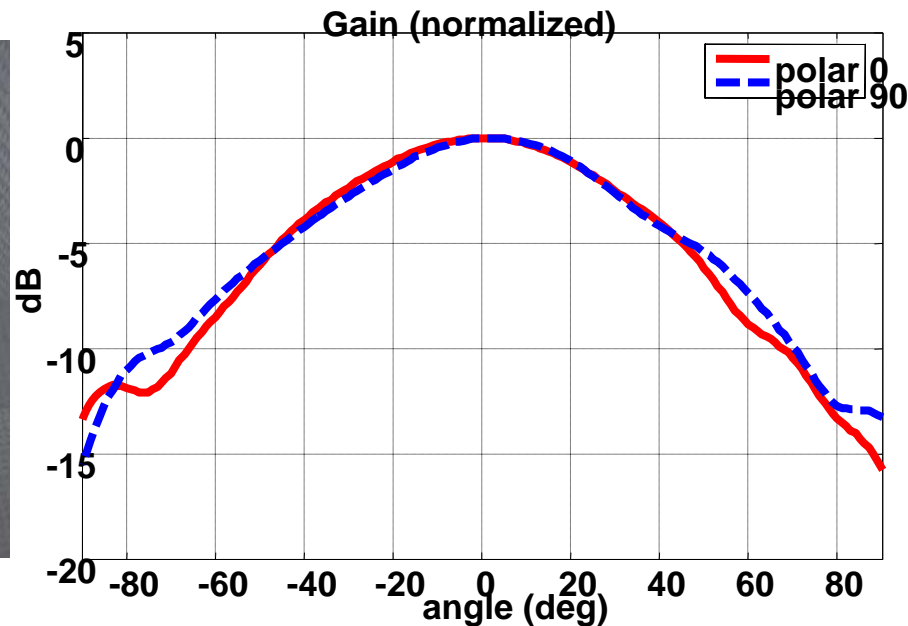


Analyse d'un système d'exposition

Générateur



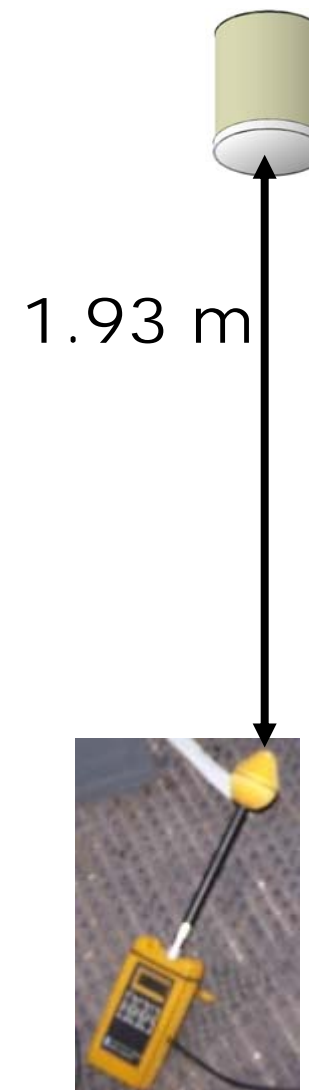
Antenne



Analyse d'un système d'exposition

Densité de puissance - Bordeaux

POSITION n°	0	1	2	3	4	5	6	7
Power (W) generator	0	15	33	51	66	94	126	154
Power (W/m ²) – axis	0	0.9	2.1	3.2	4.2	6.0	7.7	8.3
Power (W/m ²) – cage	0	0.8	1.8	2.7	3.4	4.9	6.2	
FDTD - S _{eq} (W/m ²)						5.0		



Analyse d'un système d'exposition

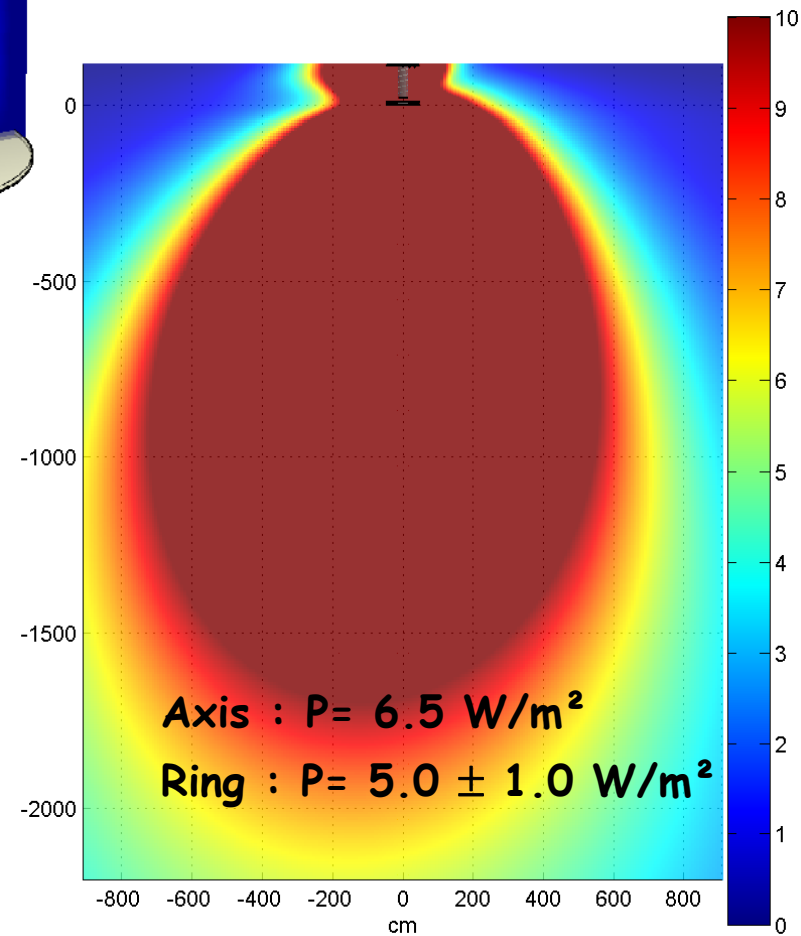
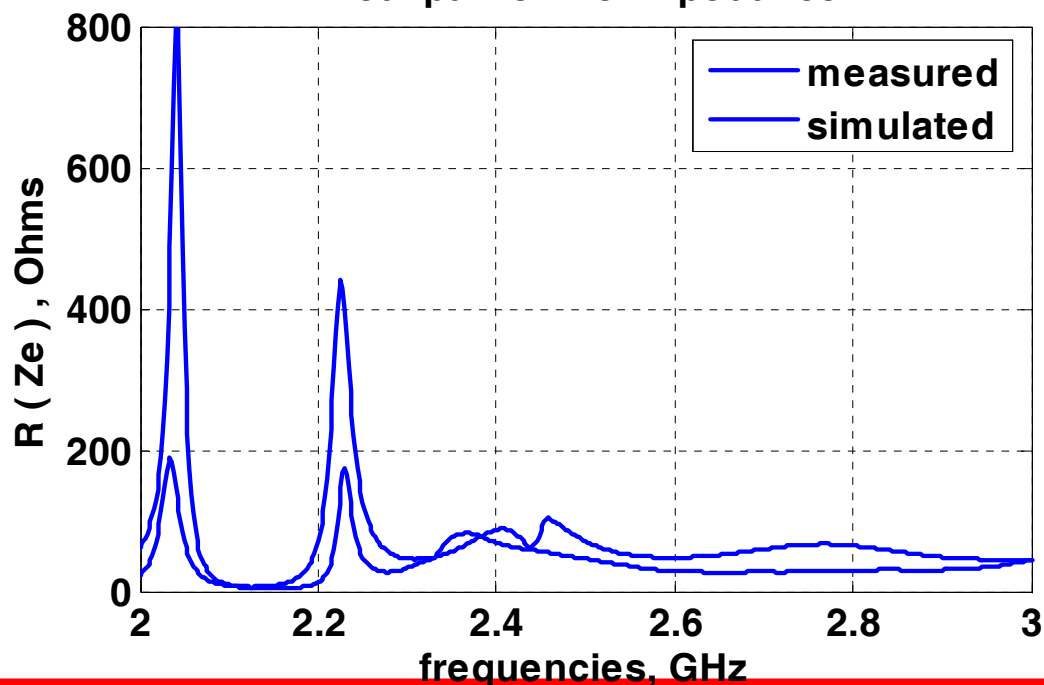
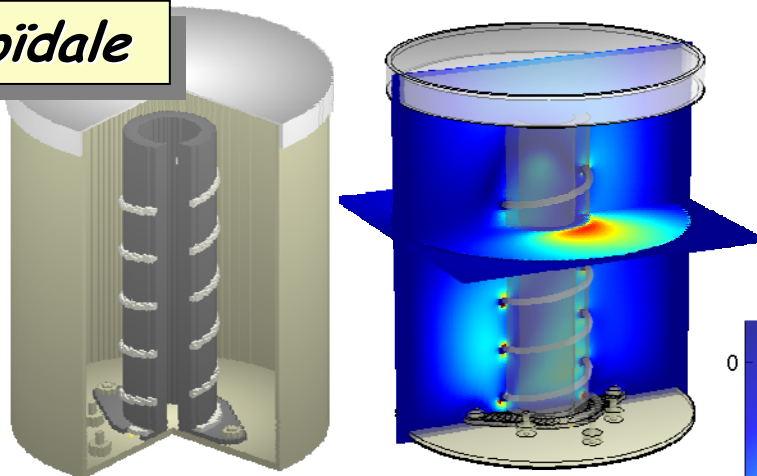


Antenne hélicoïdale

Simulation

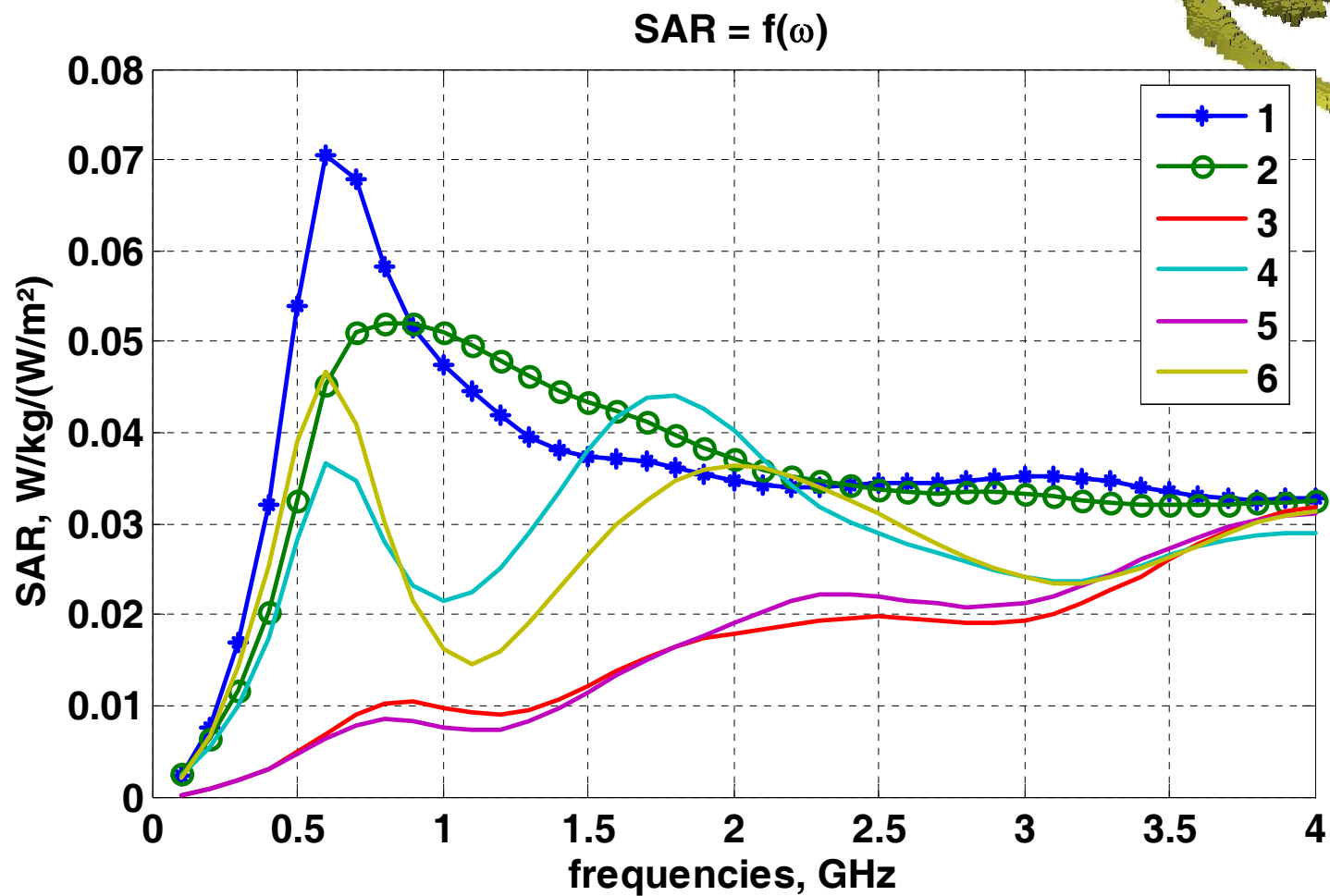
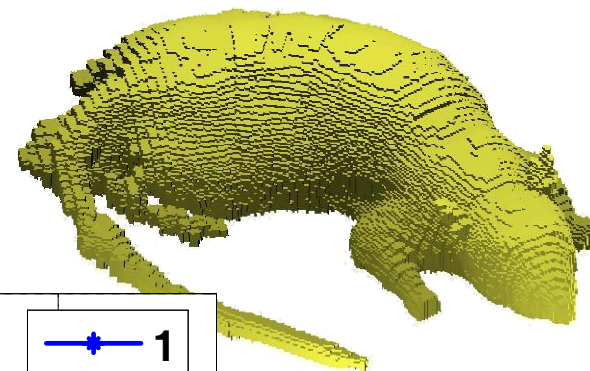
FDTD

$\Delta = 0.75 \text{ mm}$



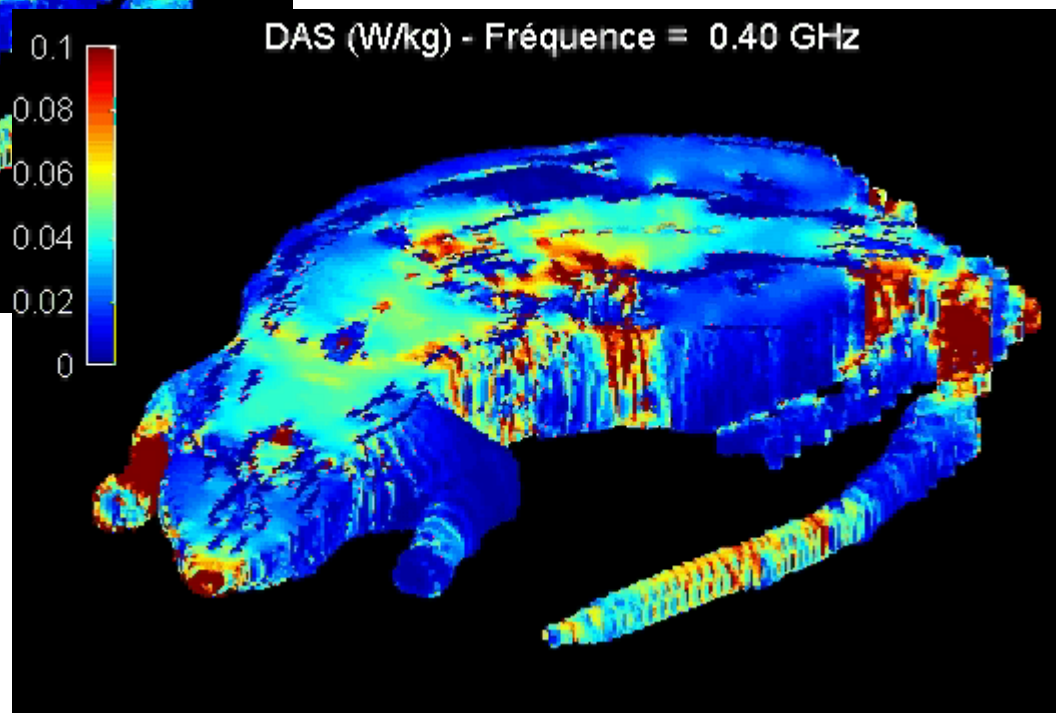
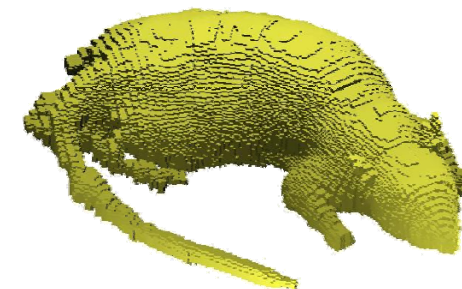
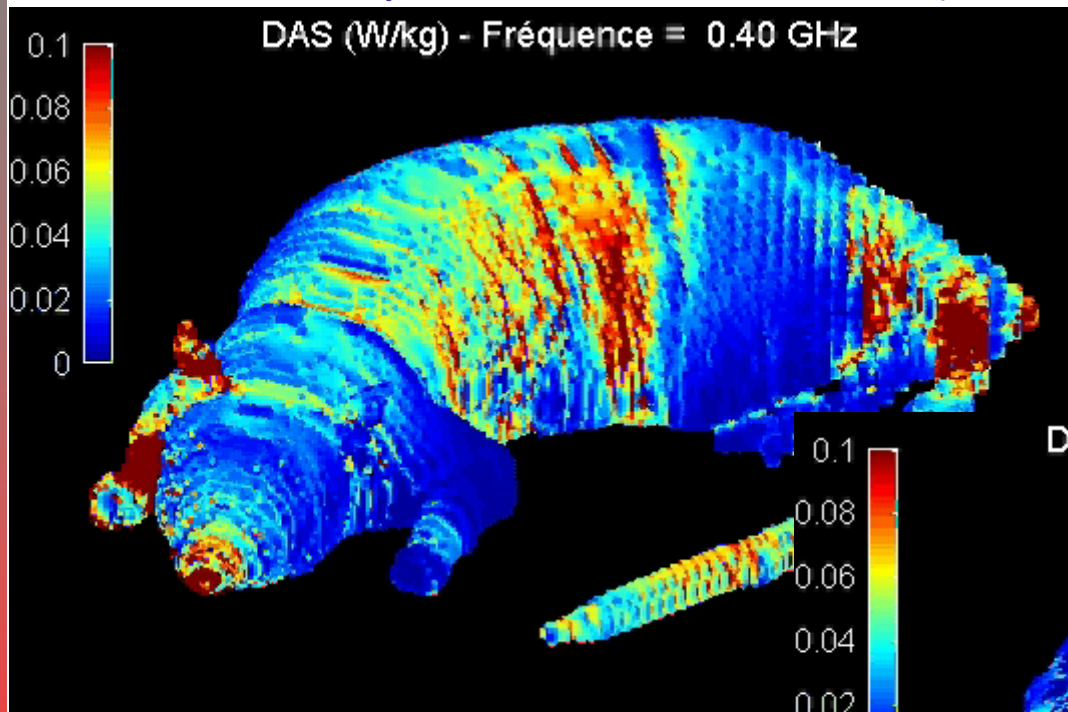
Analyse d'un système d'exposition

Illumination champ lointain



Analyse d'un système d'exposition

Whole Body SAR versus frequencies

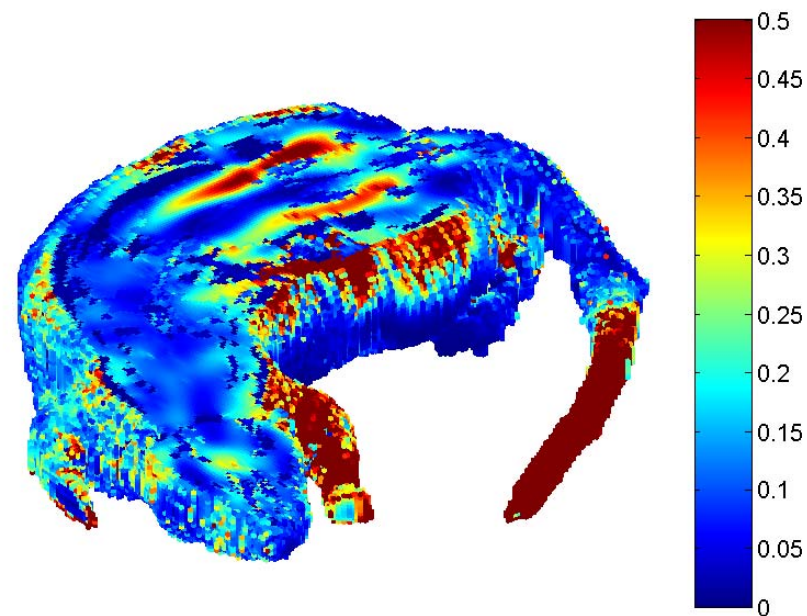
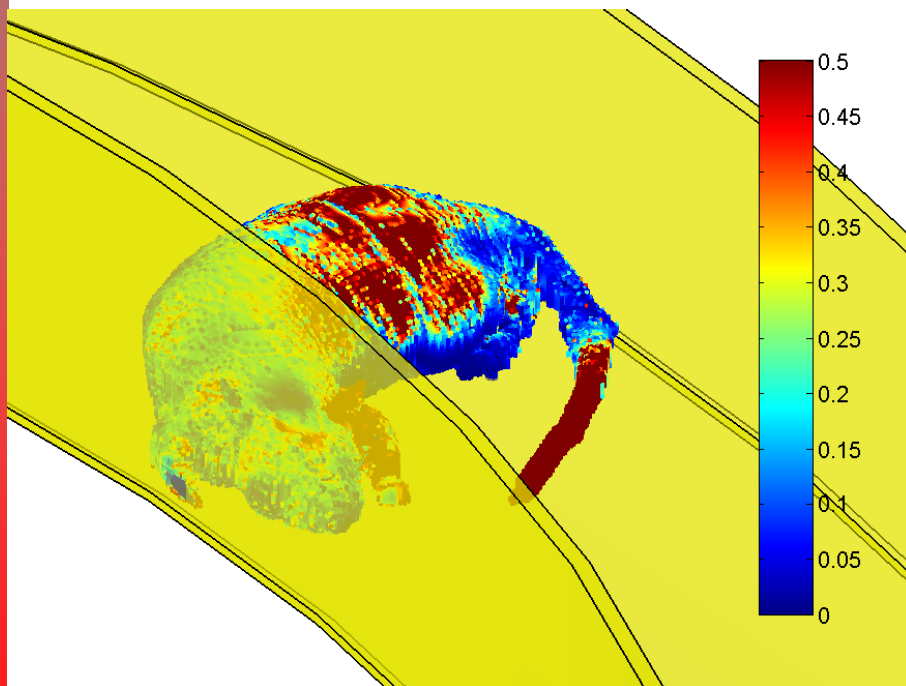


Analyse d'un système d'exposition

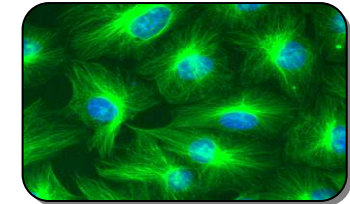
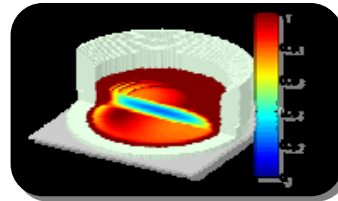
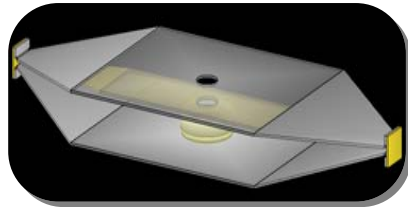
Power density 5W/m^2 - SAR at 2.45 GHz

Whole Body SAR = 32 ± 8 mW/kg / W/m^2

Whole Body SAR = 0.16 ± 0.04 W/kg for 5W/m^2



Collaborations



Collaborations académiques :

Faculté de Médecine (Limoges)

PIOM (Physique des interactions Ondes-Matières - UMR 5501 CNRS-Bordeaux)

CRSSA (Centre de Recherche du Service de Santé des Armées-Grenoble)

PMP (Physiopathologie des Maladies Psychiatriques-INSERM Paris)

Biophysics Institute (Moscow-Russie)

Babraham Institute (Cambridge-UK)

IGR (Institut Gustave Roussy - UMR 8121 CNRS-Villejuif)

IPBS (Institut de Pharmacologie et Biologie Structurale - UMR 5089 CNRS-Toulouse)

CEGELY (Centre de Génie Electrique de Lyon - UMR 5005 CNRS-Lyon)

INRIA projet CAIMAN (Nice)

Université "La Sapienza" (Rome-Italie)

EM2C (énergétique moléculaire et macroscopique combustion - UPR 288 CNRS-Paris)

EM, sanitaire (*in vitro*)

EM, sanitaire (*in vivo, in vitro*)

EM, sanitaire (*in vivo, in vitro*)

EM, sanitaire (*in vivo*)

EM, sanitaire (*in vivo*)

Ca⁺, EM sanitaire (*in vitro*)

E, EM thérapie, mécanisme

E, EM mécanisme, thérapie

modélisation / mécanisme

modélisation / mécanisme

modélisation / mécanisme

source

Conclusions

- Valeur de référence pour caractériser les expositions : DAS
- Estimer un niveau d'exposition en terme de **DAS**
- Estimer l'élévation de **température**
- Connaissance des les grandeurs électromagnétique (E,H, S)
et thermique significatives

- Microonde => chauffe => effet thermique
- Estimation de l'incertitude sur les valeurs obtenues : mesures,
simulation, modèle numérique, ...