



# Interactions corps/antennes à 60 GHz

## Impact de la méthode d'alimentation d'antenne



26 Mars 2014

Carole Leduc, Nacer Chahat, Maxim Zhadobov et Ronan Sauleau

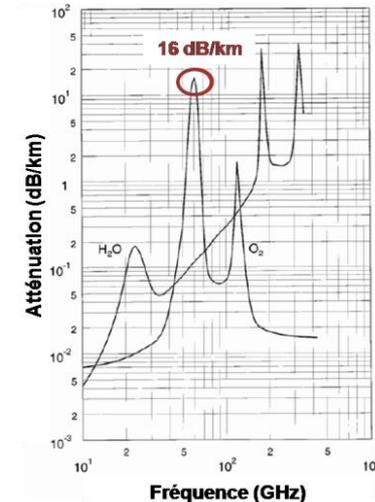
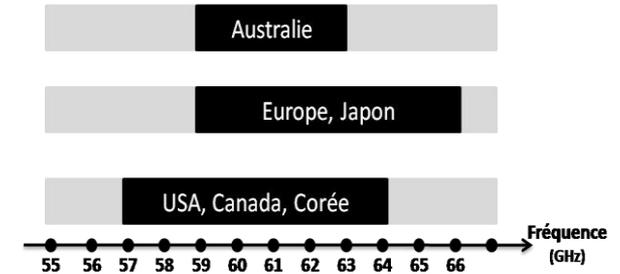
*carole.leduc@univ-rennes1.fr*

IETR (Institut d'Electronique et Télécommunications de Rennes), UMR CNRS 6164,  
Université de Rennes 1, France

# Contexte

## Caractéristiques de la bande 60 GHz

- **Dispositifs compacts**  
(comparer aux fréquences plus basses)
- **Large bande de communication**  
(libre de droits d'utilisation)
- **Débits de transfert de données élevés**  
(jusqu'à 7Gbit/s)
- **Communications sécurisées**  
(communications courte portée en raison d'un pic d'atténuation atmosphérique)



**Bande attractive pour les futurs réseaux corporels**

# Contexte

## Les réseaux corporels c'est quoi ?

**Dispositifs électroniques** (comprenant des antennes) **positionnés dans, sur ou à proximité du corps humain** ayant la capacité de communiquer entre eux

### Dispositifs :

■ In-Body

■ On-Body

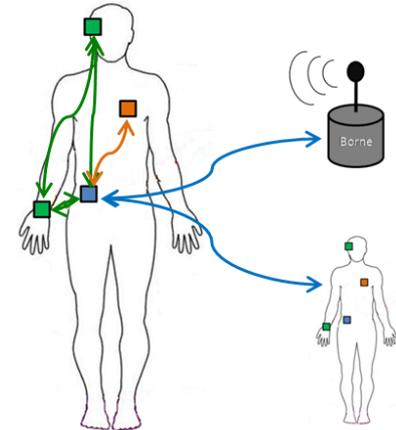
■ Off-Body

### Liaisons :

↔ In-Body

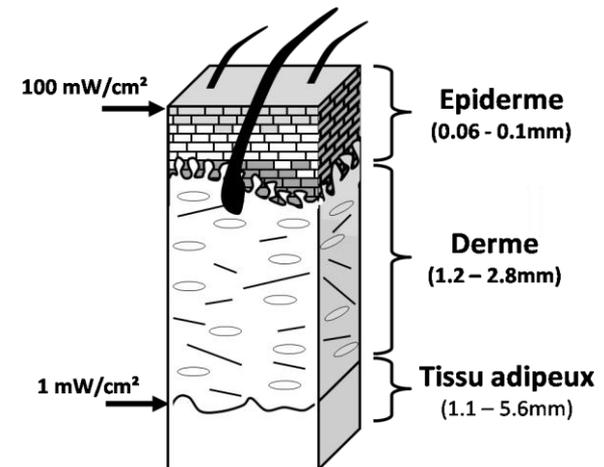
↔ On-Body

↔ Off-Body



## Interactions corps/antennes à 60 GHz

- Expositions localement élevées en raison d'une absorption limitée aux couches superficielles de la peau
- Les normes limites actuelles ne donnent pas de recommandations pour les expositions en champ proche en mm



**Les réseaux corporels à 60 GHz impliquent des expositions en champs proches des utilisateurs**

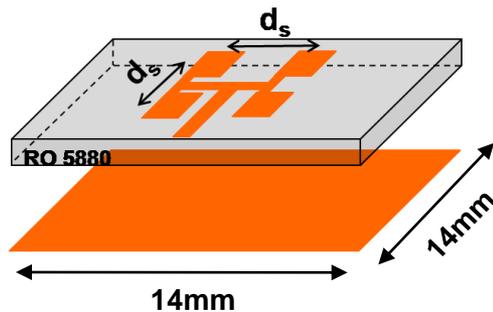
# Objectifs

Savoir maîtriser et minimiser les **interactions** corps/antennes en champ proche à 60 GHz

- Concevoir et comparer plusieurs **réseaux d'antennes 60 GHz** avec des méthodes d'alimentation différentes
  - Quantifier les **niveaux d'exposition** pour chaque réseau
  - Proposer les **topologies minimisant le couplage corps/antenne**

# Réseaux d'antennes comparés

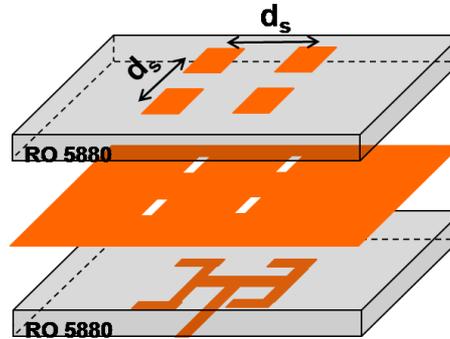
## Réseau d'antennes A<sub>1</sub>



- $d_s = 0,74 \cdot \lambda_0$   
(3,7mm)

- **Présence** d'un plan de masse arrière

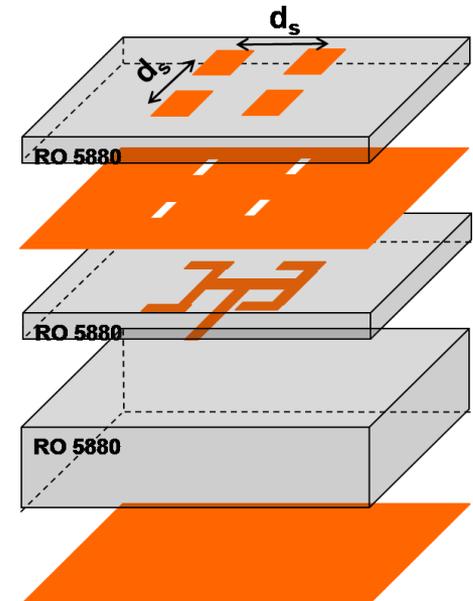
## Réseau d'antennes A<sub>2</sub>



- $d_s = 0,5 \cdot \lambda_0$   
(2,5mm)

- **Absence** de plan de masse arrière

## Réseau d'antennes A<sub>3</sub>



- $d_s = 0,5 \cdot \lambda_0$   
(2,5mm)

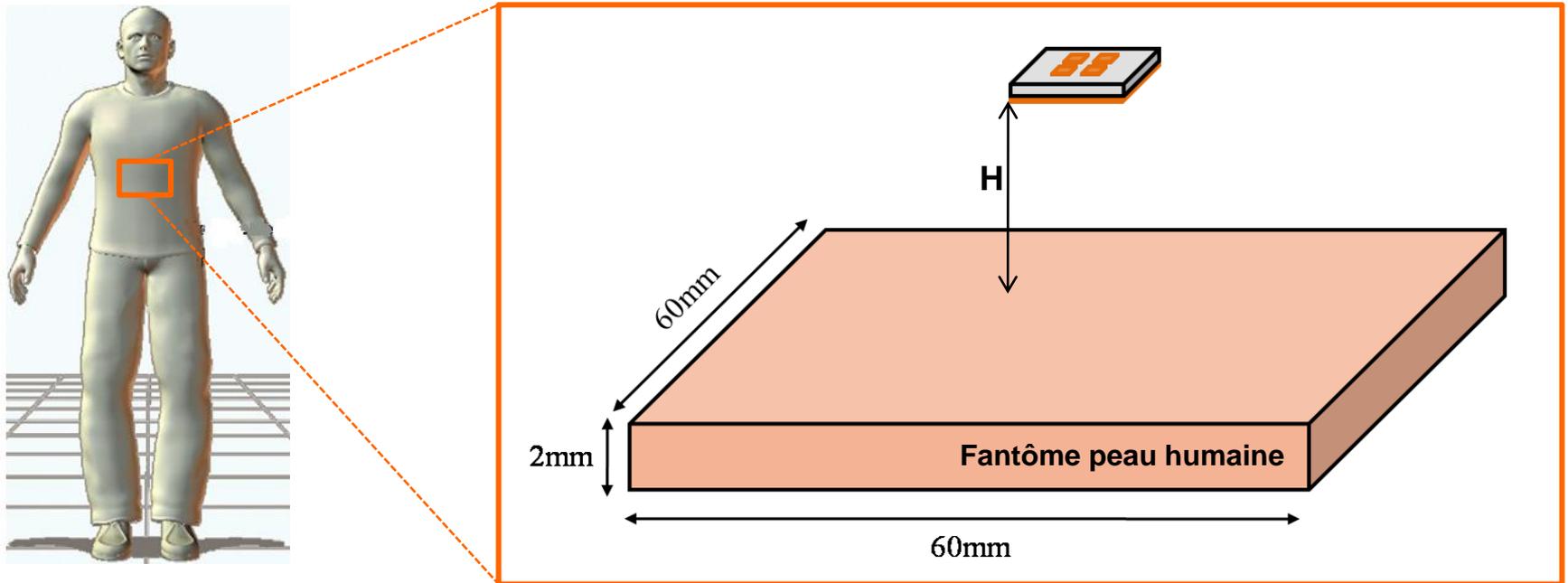
- **Présence** d'un plan de masse arrière

$\lambda_0$  : longueur d'onde dans espace libre à 60 GHz

Les réseaux d'antennes A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> ont été réalisés

# Modélisation du corps humain à 60 GHz

## □ Schéma représentatif du dispositif d'évaluation



# Modélisation du corps humain à 60 GHz

## □ Modèle numérique

### Modèles diélectriques de la peau humaine à 60 GHz

Référence	Permittivité à 60 GHz	T (°C)	méthode	Type échantillon
Gabriel & al. [1]	7.98-j10.90	32.5 +/-0.5	E	In-vivo
Alekseev & al. [2]	8.12-j11.14	32.5 +/-0.5	M	In-vivo
Chahat & al. [3]	8.02-j10.5	32.5 +/-0.5	M	In-vivo

### Utilisation en simulation numérique du modèle de Chahat et al.

[1] S. Gabriel et al., "The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues," *Phys. Med. Biol.*, 1996.

[2] S. I. Alekseev and M. C. Ziskin, "Human skin permittivity determined by millimeter wave reflection measurements," *Bioelectromagnetics*, 2007.

[3] N. Chahat et al., "New method for determining dielectric properties of skin and phantoms at millimeter waves based on heating kinetics," *IEEE TMTT*, 2012.

# Modélisation du corps humain à 60 GHz

## ❑ Modèle expérimental ou fantôme

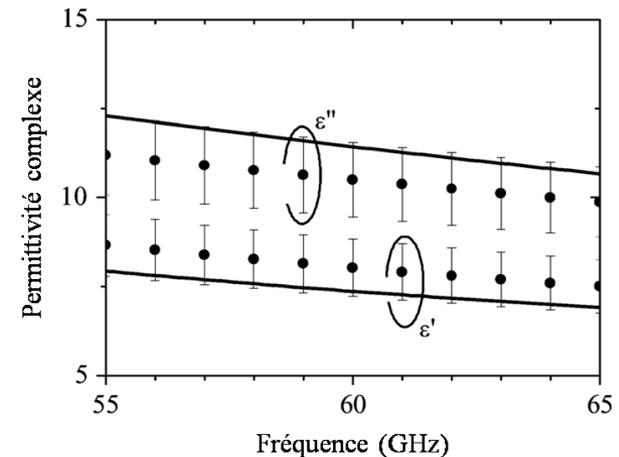


Photographies fantôme expérimental réaliste d'une partie du corps humain [4]

### Composition

Ingrédients	Masse (g)
Eau déionisée	200
Agar	3
Poudre de polyéthylène	40
Tx-151	4
Azide de sodium	0.2

### Propriétés diélectriques



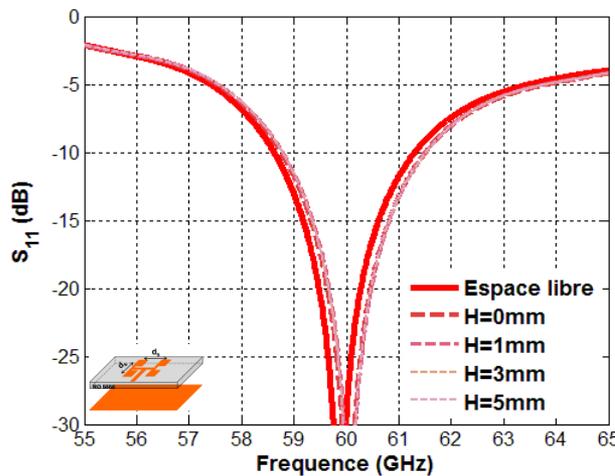
Permittivité complexe à 60 GHz :  $\epsilon^* = 7,4 - j11,4$

[4] N. Chahat et al., « Broadband Tissue-Equivalent Phantom for BAN Applications at Millimeter Waves », IEEE TMTT, 2012

# Adaptation numérique

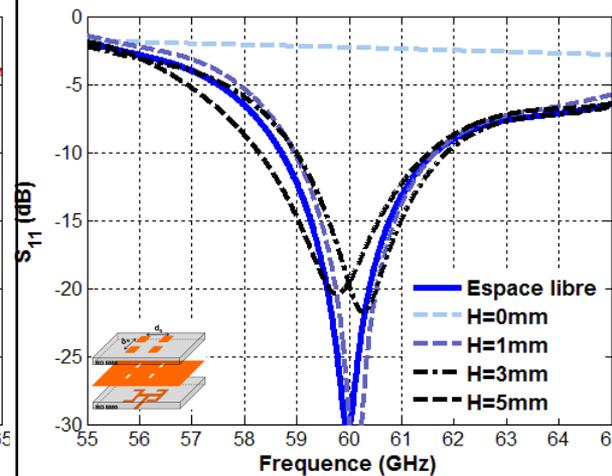
□ Coefficient de réflexion  $S_{11}$  avec CST MWS en espace libre et sur le fantôme équivalent

## Réseau d'antennes $A_1$



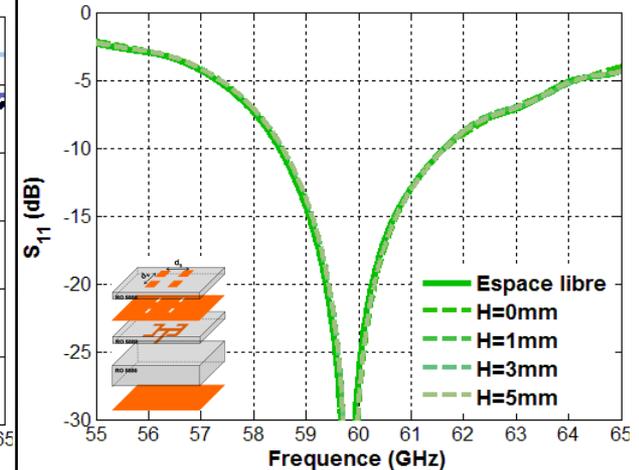
Réseau quasi-insensible à la présence du fantôme

## Réseau d'antennes $A_2$



Réseau sensible à la présence du fantôme

## Réseau d'antennes $A_3$



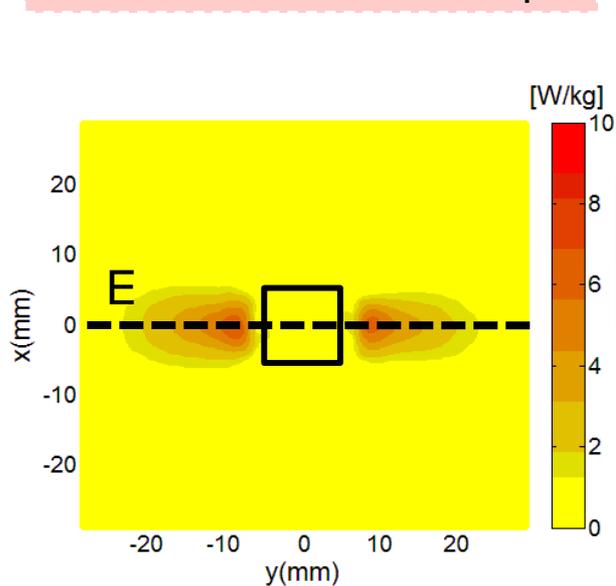
Réseau insensible à la présence du fantôme

# Dosimétrie numérique

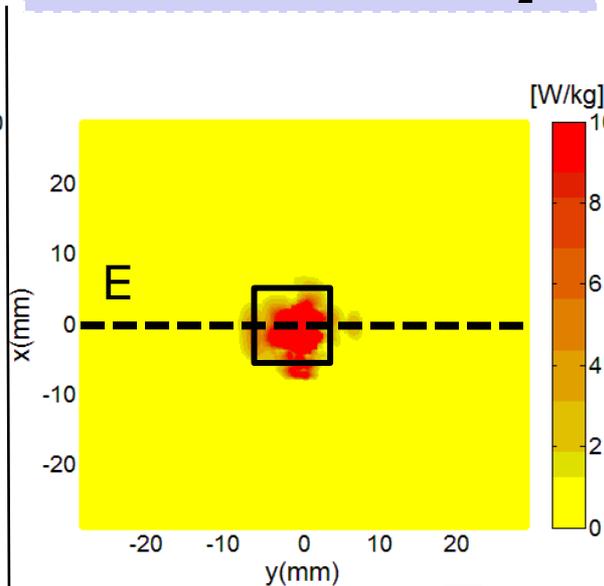
## □ Distribution de débit d'absorption spécifique (DAS) à 60 GHz

$$\text{DAS} = \frac{\sigma |\mathbf{E}|^2}{2\rho} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma : \text{conductivité} \\ \mathbf{E} : \text{Champ électrique} \\ \rho : \text{densité massique} \end{array} \right.$$

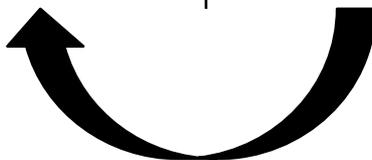
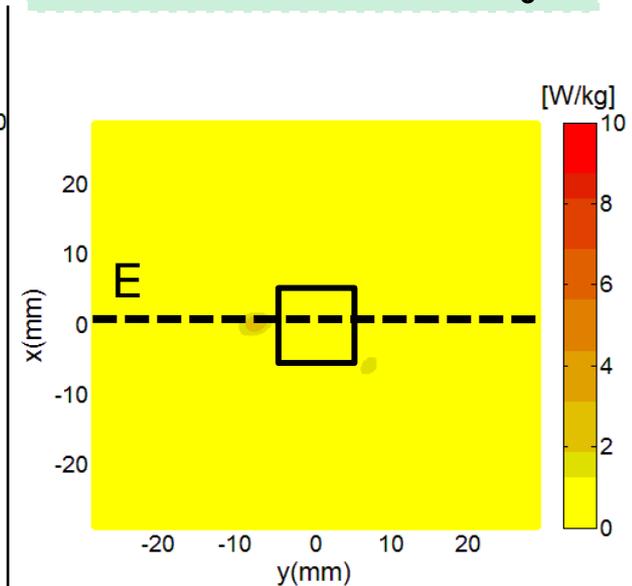
Réseau d'antennes  $A_1$



Réseau d'antennes  $A_2$



Réseau d'antennes  $A_3$



Réduction par 53

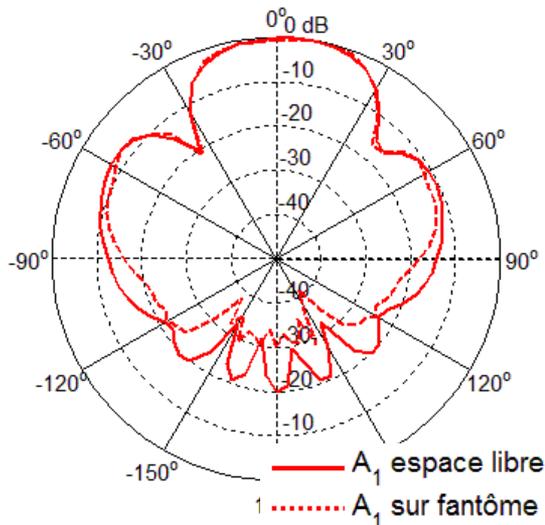


Réduction par 100

# Rayonnement numérique

## □ Diagramme de rayonnement normalisés dans la plan E à 60 GHz

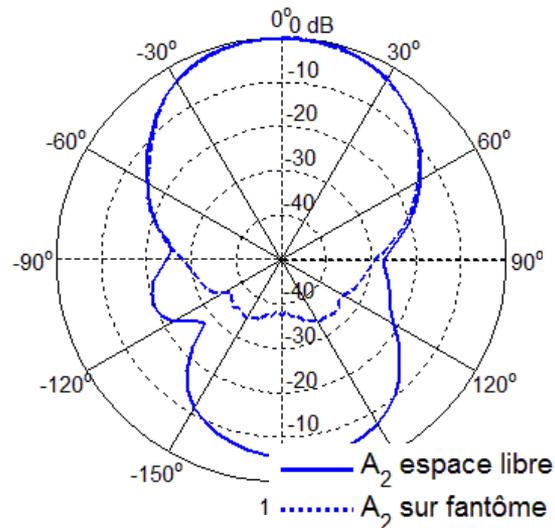
### Réseau d'antennes $A_1$



Gain<sub>EL</sub> : 12 dB ; Gain<sub>F</sub> : 12.2 dB

- Lobes secondaires
- Niveau rayonnement arrière

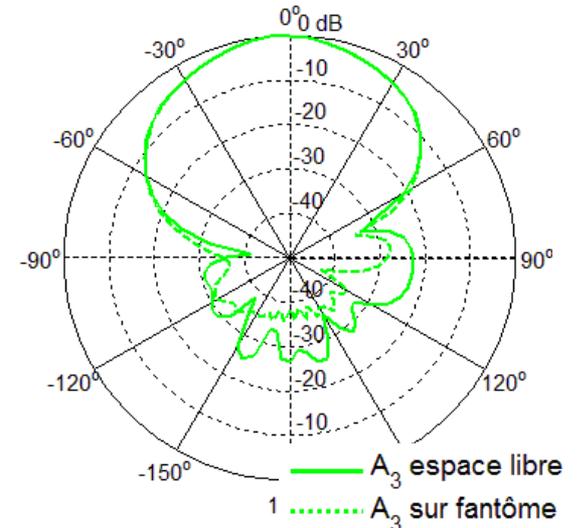
### Réseau d'antennes $A_2$



Gain<sub>EL</sub> : 9.2 dB ; Gain<sub>F</sub> : 9.9 dB

- Lobes secondaires
- Niveau rayonnement arrière

### Réseau d'antennes $A_3$



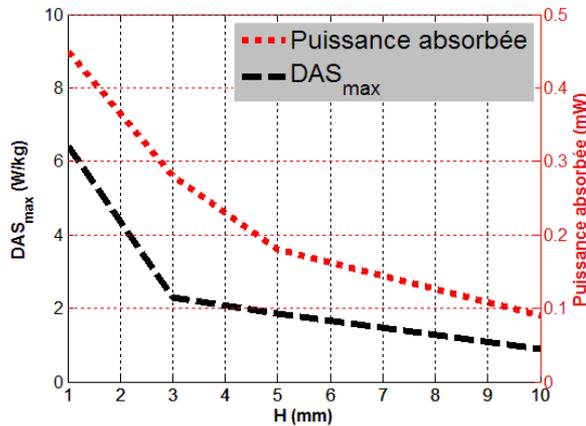
Gain<sub>EL</sub> : 10.6dB ; Gain<sub>F</sub> : 10.6 dB

- Lobes secondaires
- Niveau rayonnement arrière

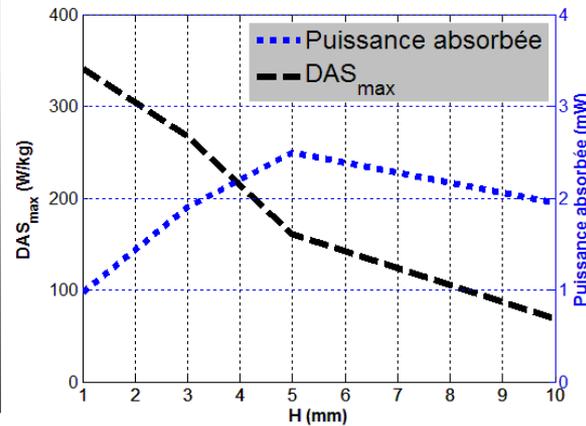
# Evolution de l'absorption en fonction de H

Puissance injectée aux réseaux d'antennes: **10 mW**

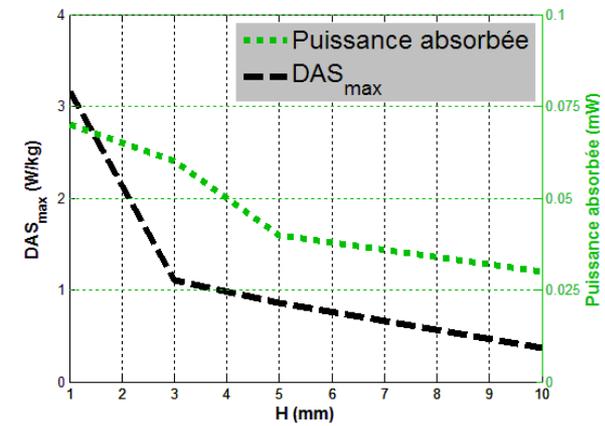
Réseau d'antennes  $A_1$



Réseau d'antennes  $A_2$



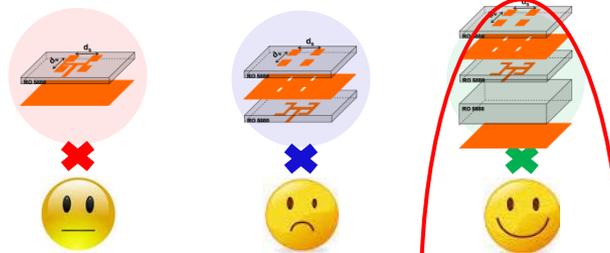
Réseau d'antennes  $A_3$



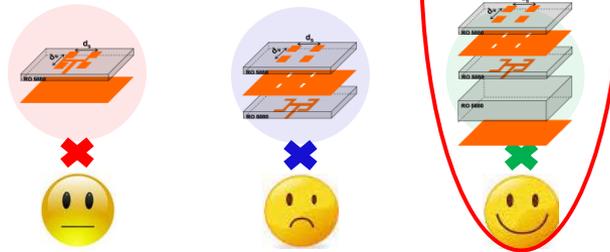
- Les réflexions sur le fantôme impactent la distribution de courant sur les lignes d'alimentation
- L'absence de plan de masse sur la face arrière est responsable en champ proche d'un fort couplage corps/antenne

# Conclusion

- ❑ **Stabilité des caractéristiques antennaires des réseaux en présence du fantôme**



- ❑ **Exposition des utilisateurs**



- ❑ **Pour les application centrées sur le corps privilégier les topologies avec :**

- **Plan de masse arrière** (réduction de 20 dB du rayonnement arrière et par un facteur supérieur à 100 pour les valeurs crêtes de DAS)
- **Ecart inter-éléments  $d_s = 0.5\lambda_0$**  (réduction par un facteur 6,5 de la puissance absorbée)



**Merci pour votre attention**

