

Comment calculer le DAS dans le corps humain et avec quelle incertitude ?

J. Wiart.

Whist lab

<http://whist.institut-telecom.fr/>

Orange Labs



"Il faut de l'imagination pour se représenter la réalité"

Giuseppe Pontiggia

recherche & développement



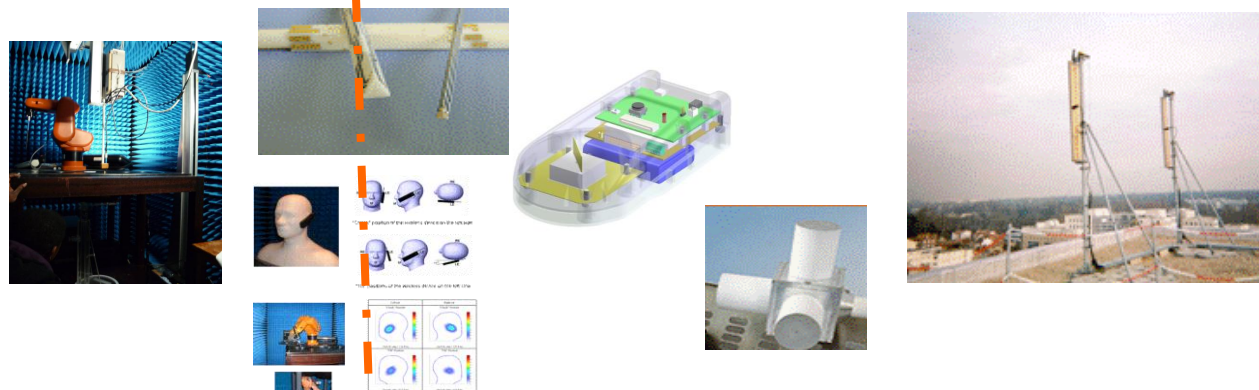
Sommaire

- Pourquoi calculer l'exposition?
- Comment calculer l'exposition?
- Comment calculer l'incertitude?

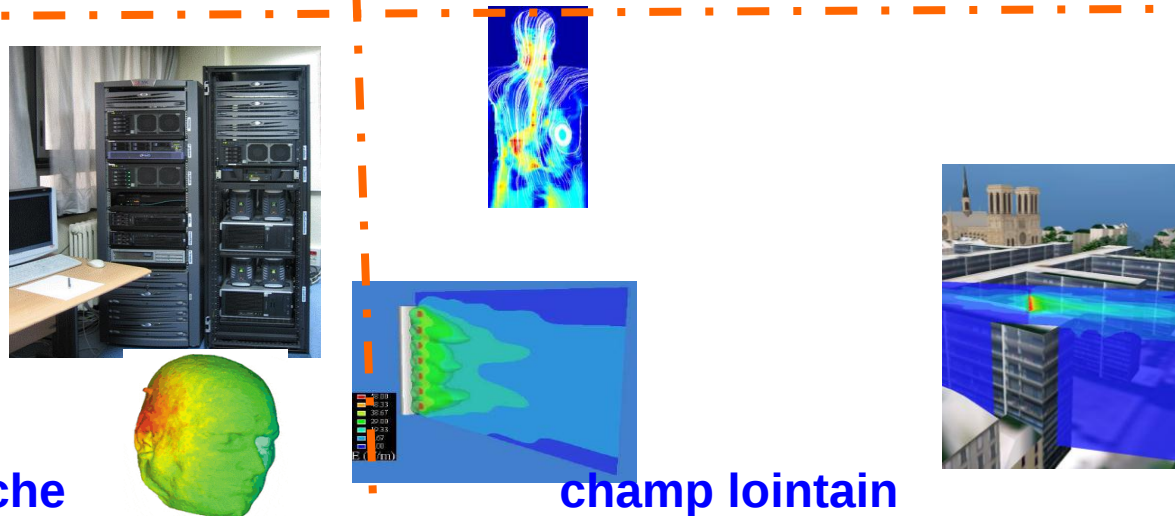


Comment évaluer l'exposition

Experimental



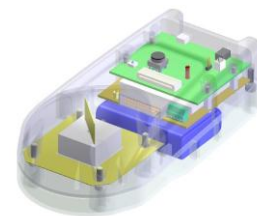
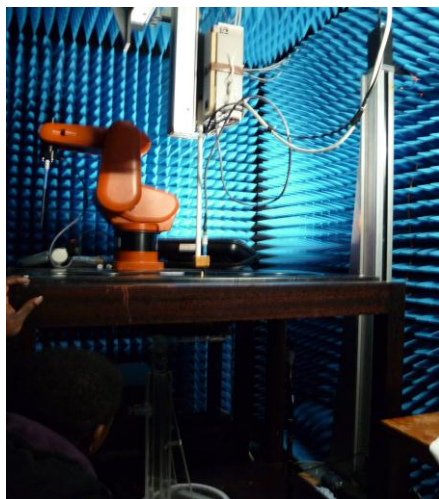
Numérique



Champ proche

champ lointain

Les outils de l'évaluation expérimentale en RF

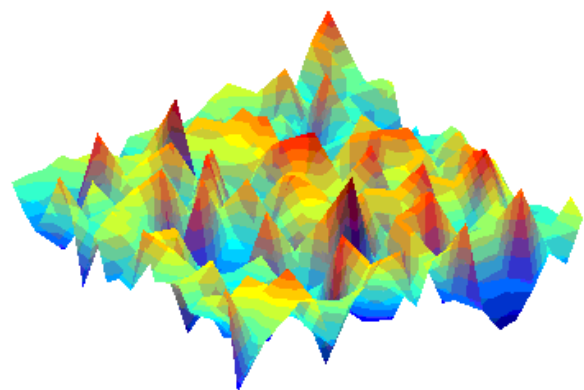
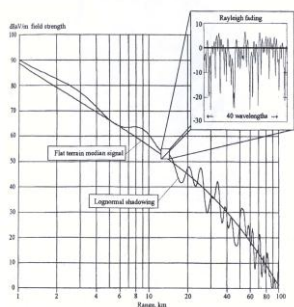


recherche & développement



Les challenges actuels de la mesure RF

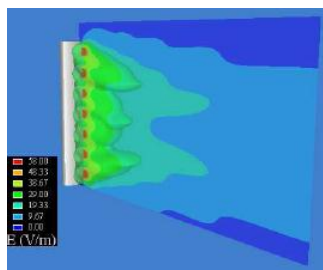
Influence de l'environnement créant des évanouissements (« Fading »)



Une mesure de DAS invasif



Champ proche variable et complexe à mesurer



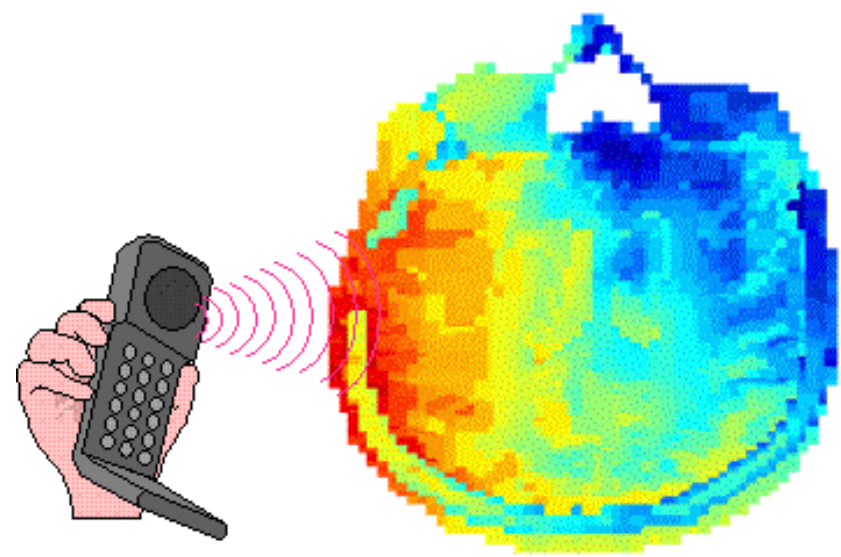
Intervention sur site complexe



Influence de la personne, volume d'intégration...



DAS débit d'absorption spécifique (SAR Specific Absorption Rate)



DAS Watts/Kg

SAR

$$= \frac{d\left(\frac{dW}{dm}\right)}{dt}$$

Energie absorbée (J)

Masse (Kg)

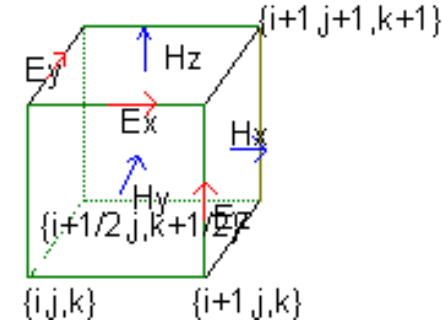
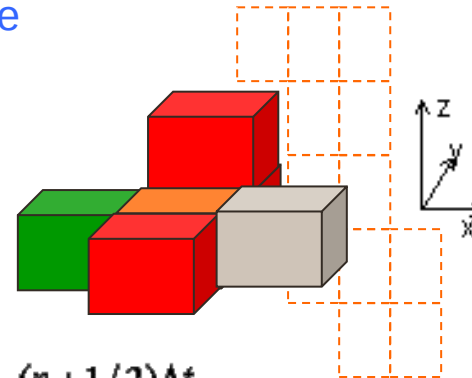
Temps(s)

Évaluation de l'exposition via FDTD



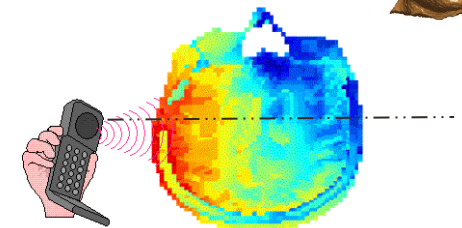
La FDTD (différences finies dans le domaine temporel) permet de simuler la propagation des ondes

La résolution est menée sur un maillage orthogonal

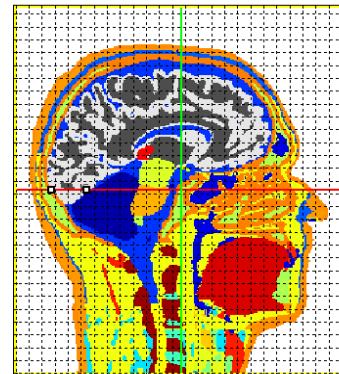


$$\frac{\partial E}{\partial x} = \mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \frac{E^{n\Delta t}_{i\Delta x} - E^{n\Delta t}_{(i+1)\Delta x}}{\Delta x} = \mu \frac{H^{(n-1/2)\Delta t}_{(i+1/2)\Delta x} - H^{(n+1/2)\Delta t}_{(i+1/2)\Delta x}}{\Delta t}$$

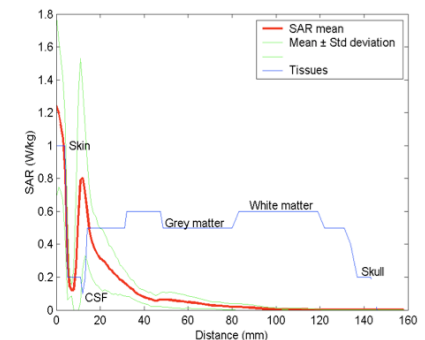
$$SAR = \frac{\sigma E^2}{2\rho}$$



Gros avantage de la FDTD: pas d'inversion de matrice mais coût de calcul important



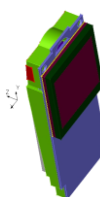
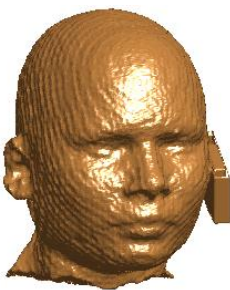
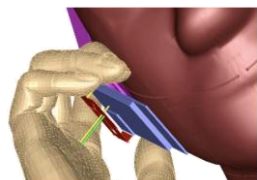
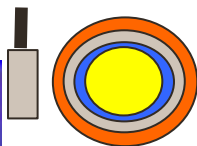
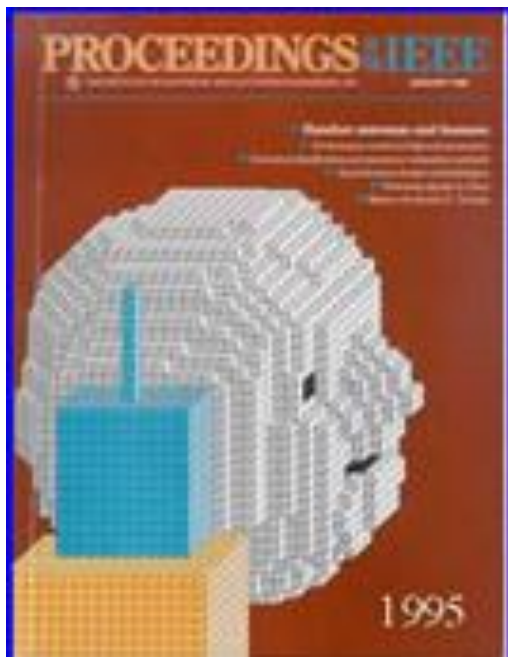
Handset operating at 900 MHz



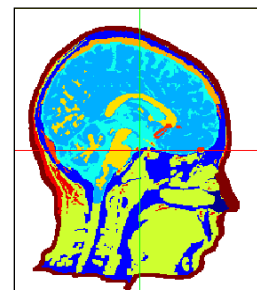
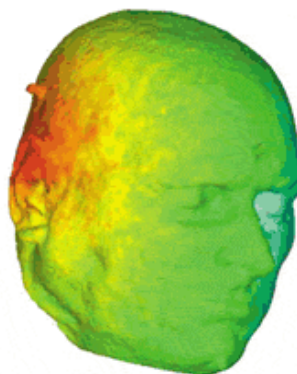


Gros efforts ces 20 dernières années

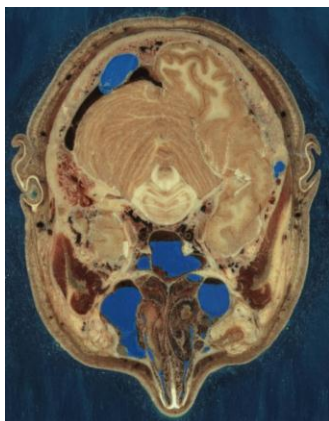
En 1995,



& développement

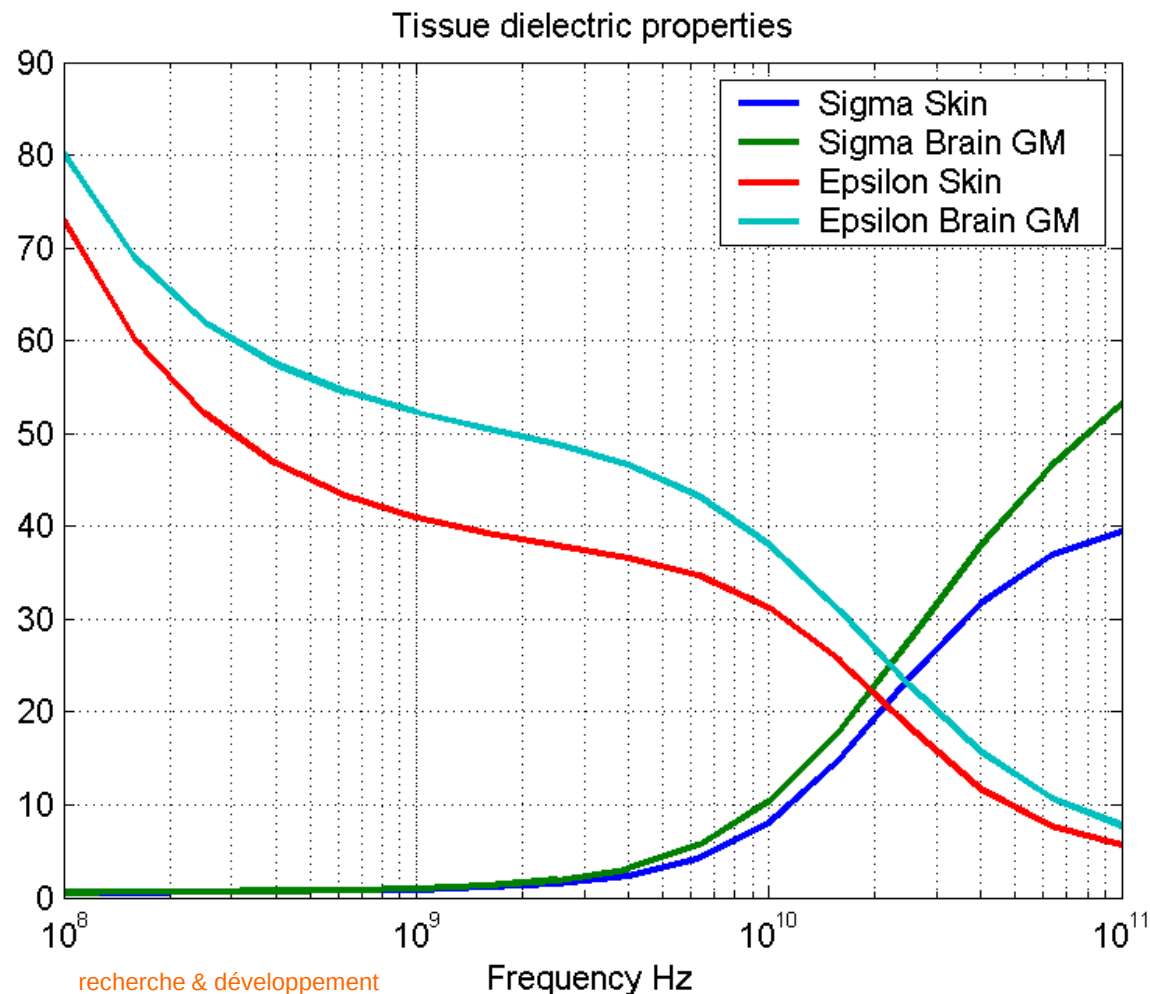


Les tissus biologiques: hétérogènes, dispersifs et absorbants



900 MHz

Tissue	Epsilon	Sigma
Blood	61.3	1.53
Bone_Cortical	12.4	0.14
Bone_Marrow_Infiltrated	11.2	0.22
Bone_Marrow_Not_Infilt	5.5	0.04
Cartilage	42.6	0.78
Cerebro_Spinal_Fluid	68.6	2.41
Eye_Tissue(Sclera)	55.2	1.16
Fat	5.4	0.05
Grey_Matter	52.7	0.94
Muscle	55.0	0.94
Nerve(Spinal_chord)	32.5	0.57
Skin(Dry)	41.4	0.86
Skin(Wet)	46.0	0.84
Tongue	55.2	0.93
White_Matter	38.8	0.59



La dosimétrie numérique actuelle

■ Calculateurs GPU et multi-processeurs



■ Modèles anatomiques

■ Outils de déformation



Duke



HDRK



Norman



Japanese



Korean



Zubal



VH



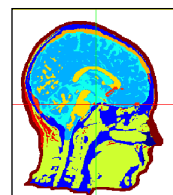
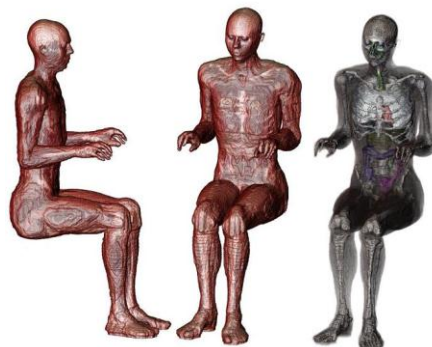
Ella



Naomi



Japanese

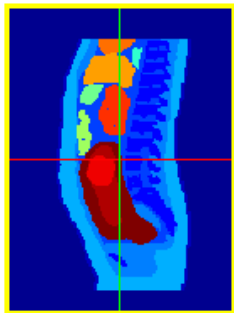


recherche & développement

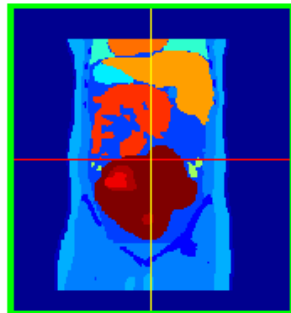


Exemple d'application : exposition du foetus 2100 MHz

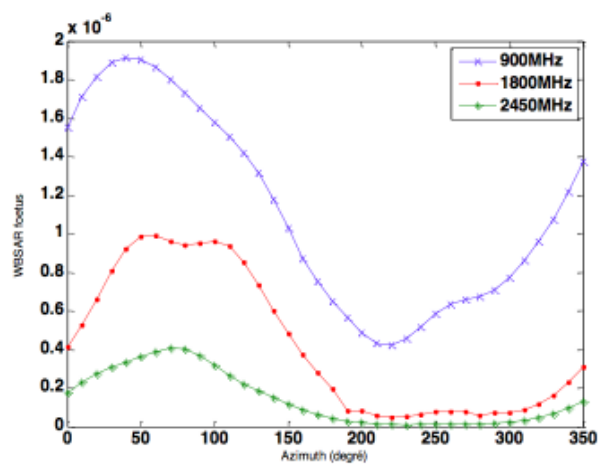
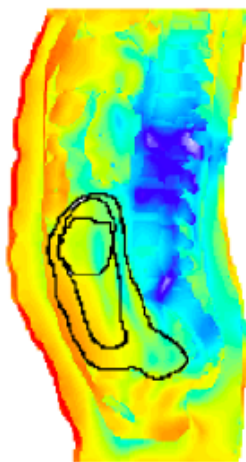
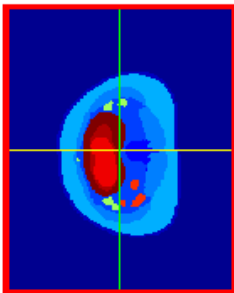
Slice X = 125 (125)



Slice Y = 100 (100)



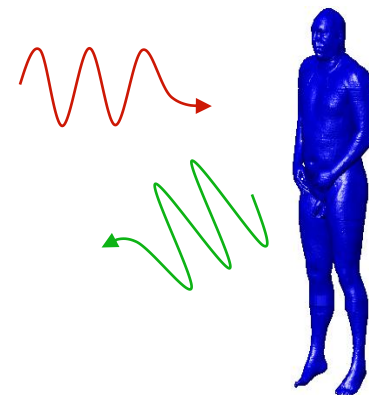
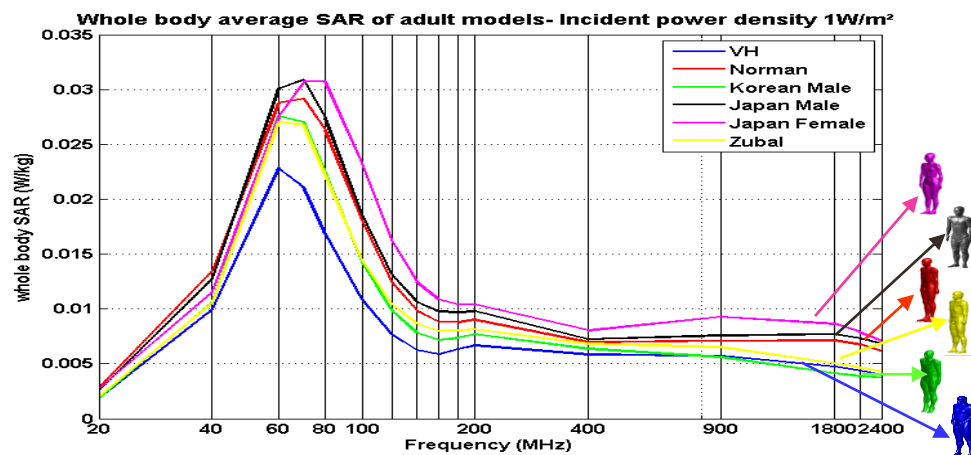
Slice Z = 135 (135)



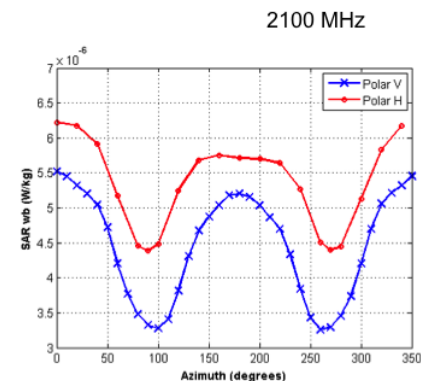
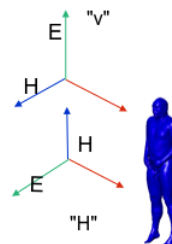
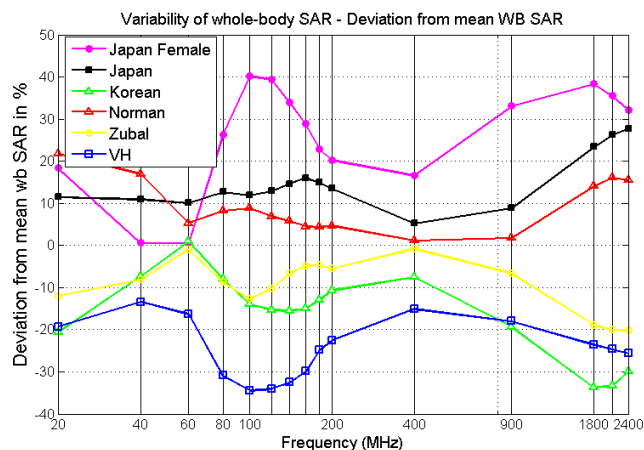


Exemple d'application: absorption corps entier

■ Influence de la morphologie



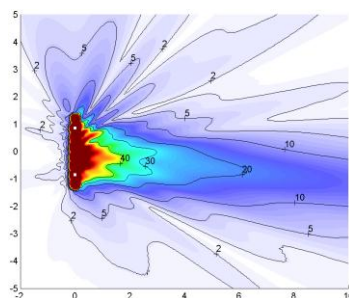
■ Influence de la polarisation



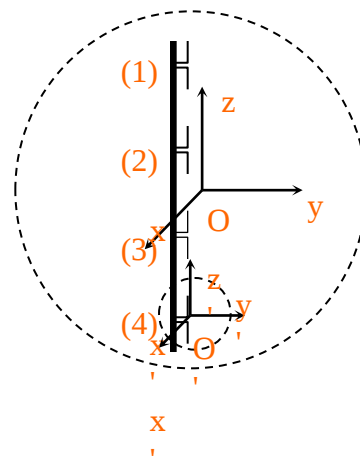


Exemple d'approches hybrides

Extraction des modes



Boite de Huygens et FDTD





Incertitudes

- Pour la mesure l'analyse de l'incertitude est un fait acquis, pour la simulation c'est une nouveauté.
- Les incertitudes sont le résultat de plusieurs phénomènes

- Incertitudes

Incertitude de la méthode

Incertitude de la modélisation des tissus

Incertitude de la modélisation des sources

...

- Variabilité

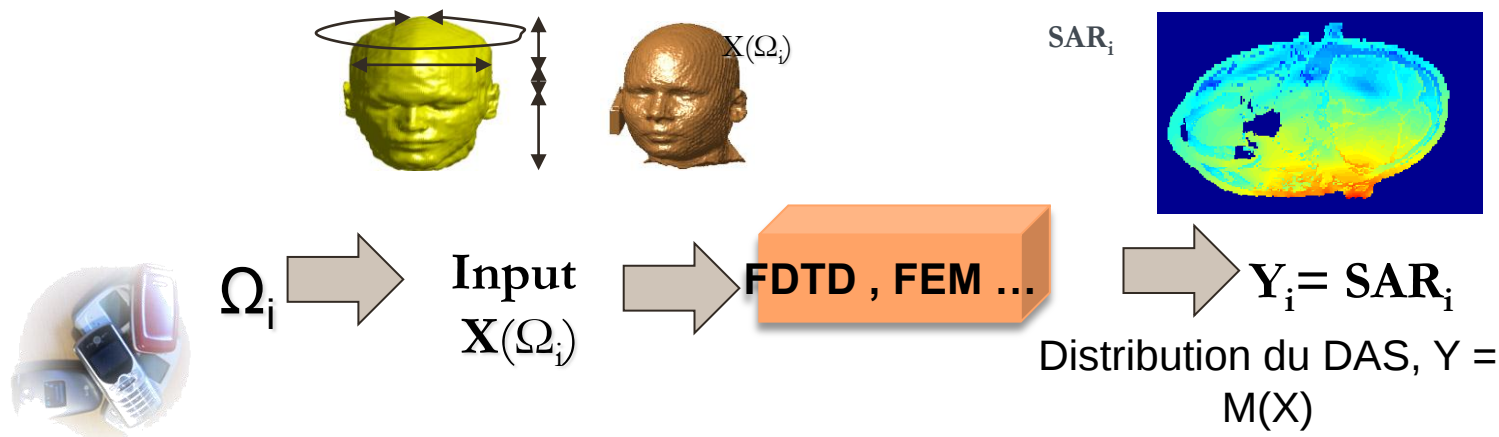
De la posture

De la morphologie

De la position relative des sources

...

Dosimetrie stochastique



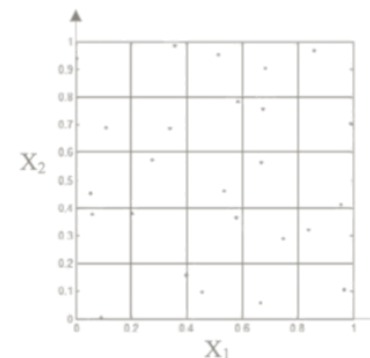
Il existe plusieurs approches:
processus gaussien, krigeage,
chaos polynomial...

Le chaos polynomial est basé
sur une décomposition de la
distribution statistique sur
une base polynomiale

$$\hat{Y} = \sum_{k=1}^N \hat{a}_k b_k Y_k(X)$$

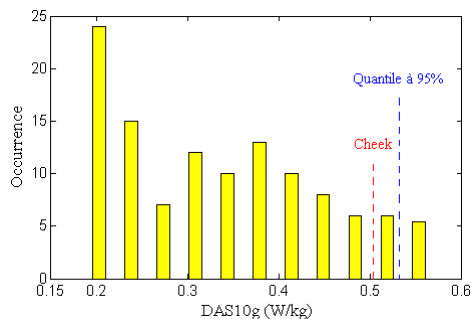
Ce modèle « réduit »
peut se substituer à la
FDTD

Les coefficients peuvent être
évalués par projections ou
régressions. Dans ce cas un
plan d'expérience numérique
est nécessaire.

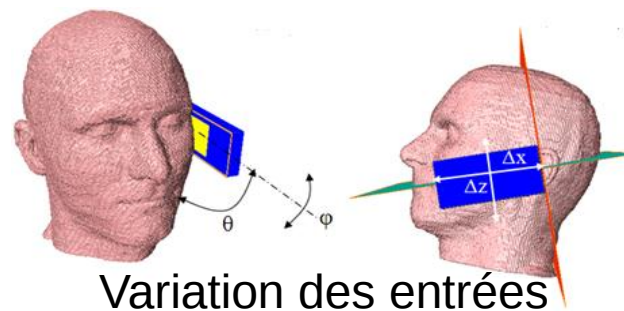
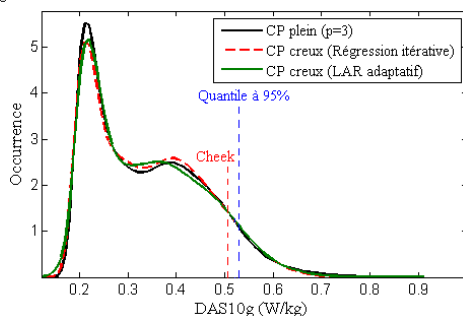


Exemple d'application du Chaos Polynomial

100 Simulations FDTD



DAS sur 10g dans la tête

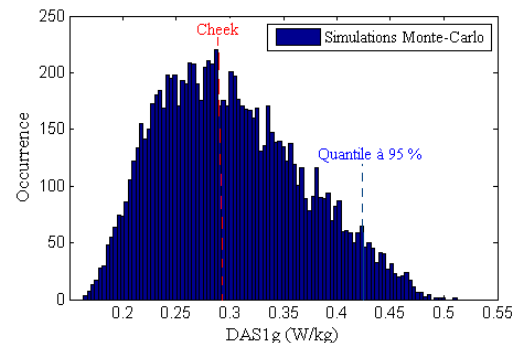
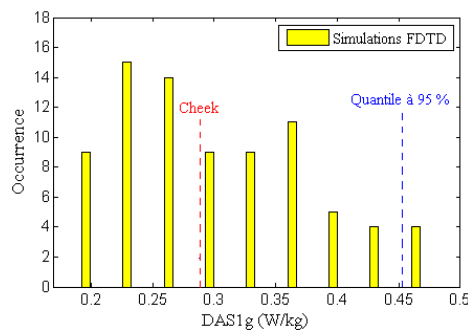
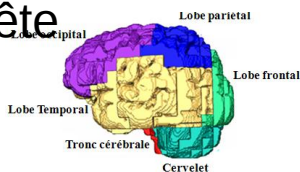


Variation des entrées

	θ	Φ	Δx	Δz
	[0 30°]	[-15° 15°]	[5 30 mm]	[-10 10mm]

- 1) Calcul des coeff.
- 2) Evaluation de la distribution via méthode de Monte Carlo avec le modèle réduit

DAS sur 1g dans la tête





Conclusions

Dans la confusion trouver la simplicité
De la discorde faire jaillir l'harmonie
Au milieu de la difficulté se trouve l'opportunité

Albert Einstein,
Trois règles de travail