

Dosimétrie des interactions des ondes radioélectriques avec les tissus. Une approche hybride de la métrologie.

Joe Wiart & Man Fai Wong
France Telecom R&D Issy les Moulineaux

Joe.wiart@orange-ftgroup.com

<http://perso.rd.francetelecom.fr/joe.wiart/>

25 Octobre 2007



recherche & développement



sommaire

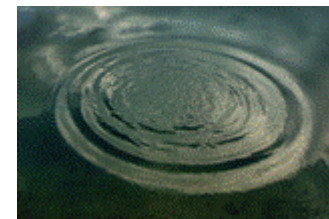
Introduction

Estimation du DAS

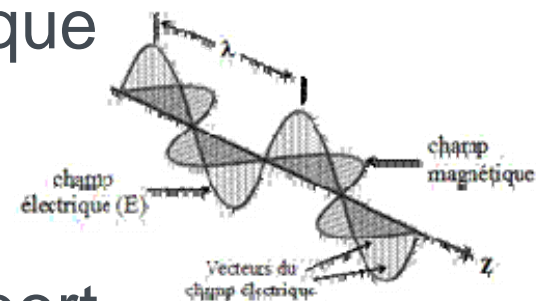
Le défi de l'incertitude et de la variabilité

Ondes et champ électromagnétique

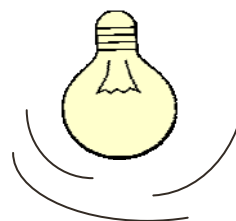
- Des ondes qui se propagent



- Des champs électrique et magnétique couplés

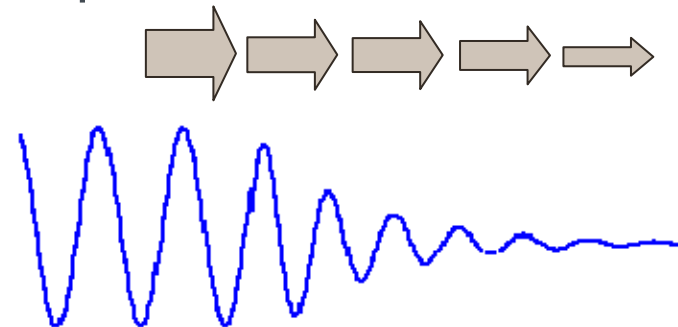


- Une énergie transportée sans support matériel

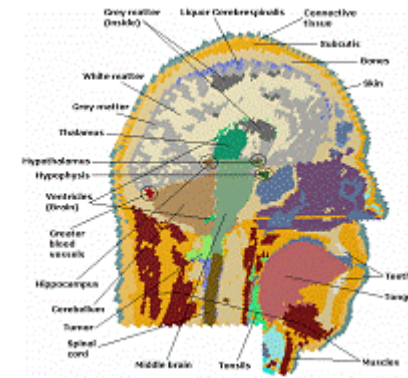


Propagation dans les milieux hétérogènes à pertes

- Les milieux matériels à pertes absorbent les ondes électromagnétiques.

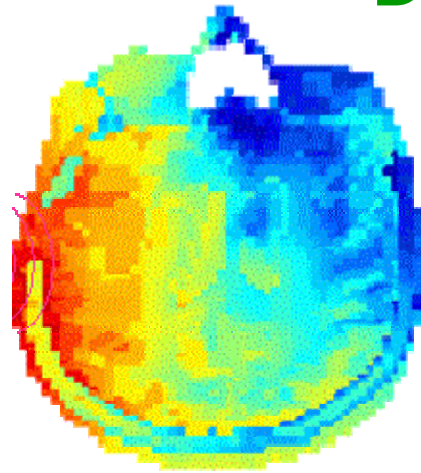


- L'absorption dépend des tissus et de la fréquence



Quantification de l'absorption

Débit d'Absorption Spécifique



Energie
absorbée

Masse

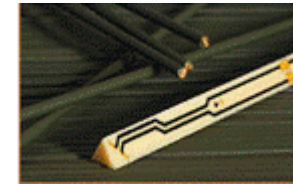
Temps

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

Mesure du DAS

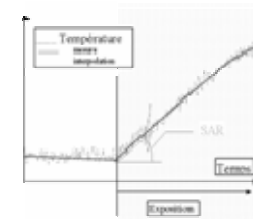
- Mesure via le champ électrique

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



- Mesure via la température

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

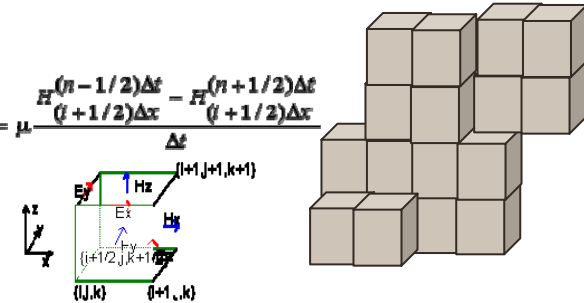


- Avantages et Limites

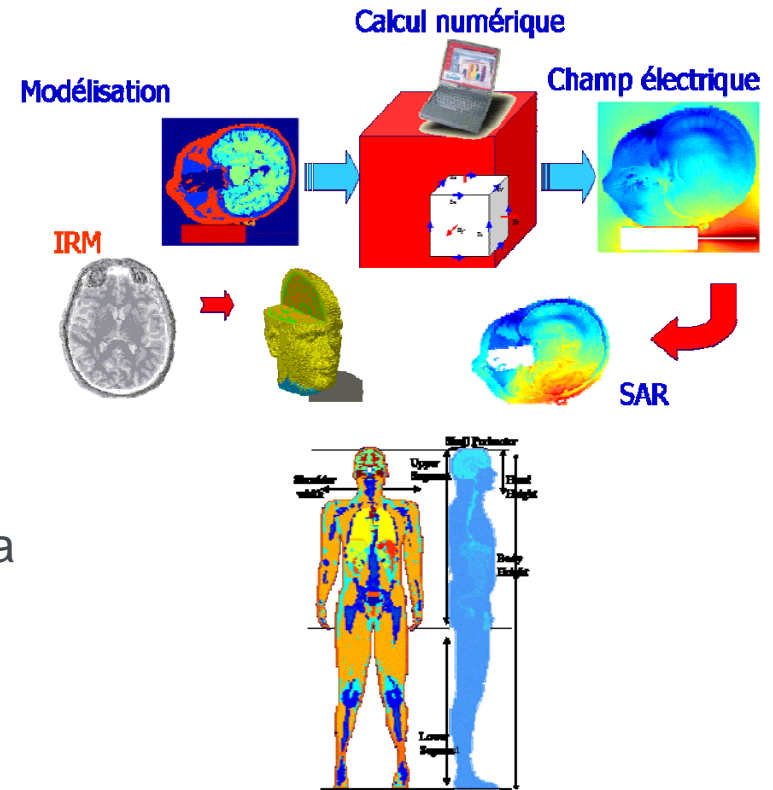
- Mesure directe du champ dans le milieu
- Mesure invasive
- Complexe la mesure dans les milieux hétérogènes
- Sensibilité limitée des sondes de température

Simulation du DAS

- Estimation basée sur la discrétisation des équations de propagation
 - Modélisation des sources et du milieu
 - Calcul numérique
 - Estimation du DAS
- Avantages et Limites
 - Estimation non invasive
 - L'hétérogénéité des tissus n'est pas un problème
 - Le résultat dépend de la qualité et de la précision des modèles.

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


The diagram shows a 3D grid of points in a coordinate system (x, y, z). At a point (j, k), the electric field components are E_x, E_y, and E_z. At a point (j+1, k), the magnetic field components are H_x and H_y. At a point (j+1/2, k+1/2), the magnetic field component H_z is shown. To the right, there is a stack of grey rectangular blocks representing a discretized volume.



Complémentarité des approches

■ Mesure

- Mesure invasive - - -
- Complexe la mesure dans les milieux hétérogènes - - -
- Mesure directe du champs induit par une source + + +
- Sensibilité limitée des sondes de température - -

■ Simulation

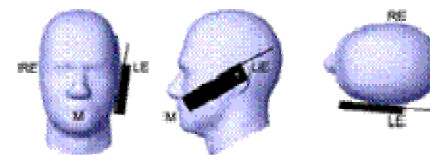
- Estimation non invasive + + +
- L'hétérogénéité des tissus n'est pas un problème + + +
- Le résultat dépend de la qualité et de la précision des modèles. - - -
- Pas de limite de sensibilité + +



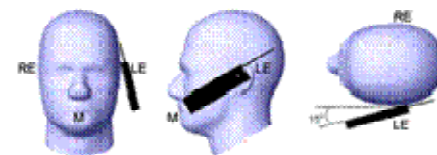
Une Approche hybride

Une approche hybride au service de la normalisation

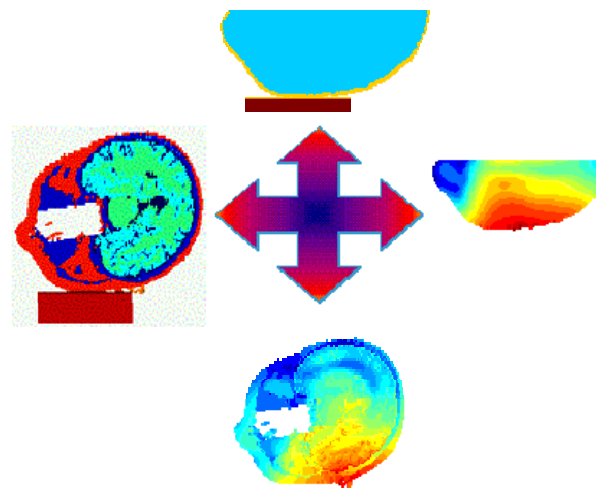
- Méthode normalisée
 - Un fantôme homogène
 - Des positions de test
 - Un liquide équivalent
- Simulations utilisées
 - pour définir les caractéristiques du liquide équivalent
 - Pour valider la forme du fantôme



"C" position of the antenna defined on the test line

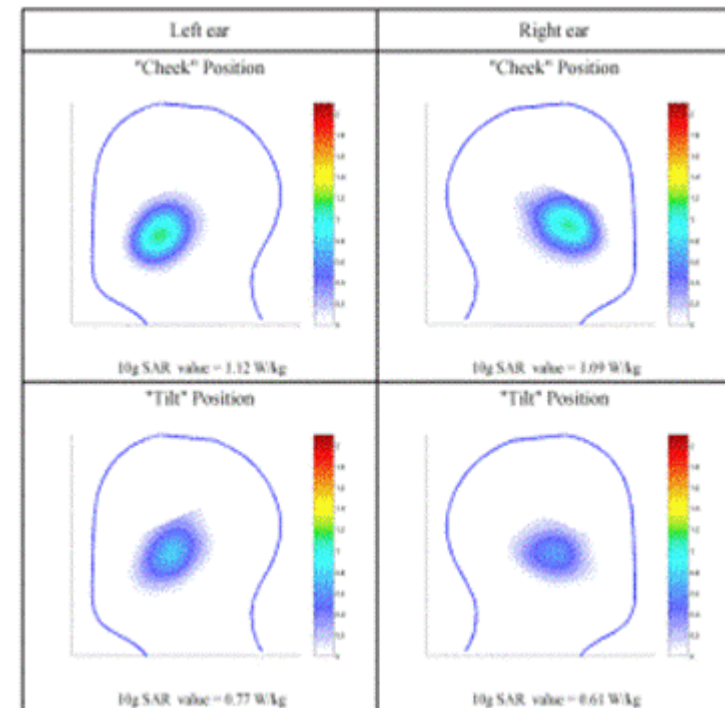
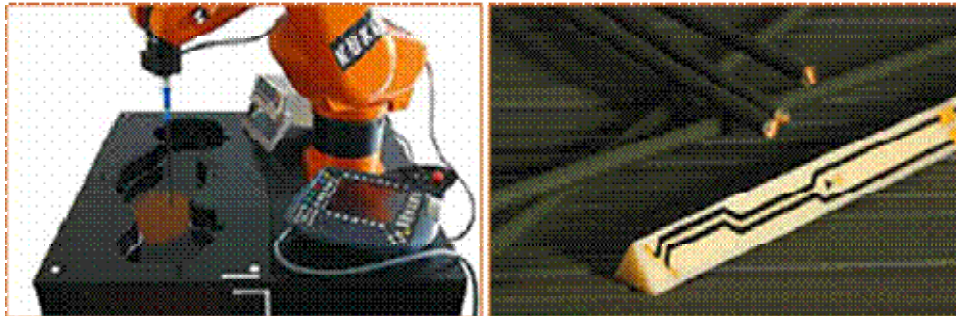


"T" position of the antenna defined on the test line

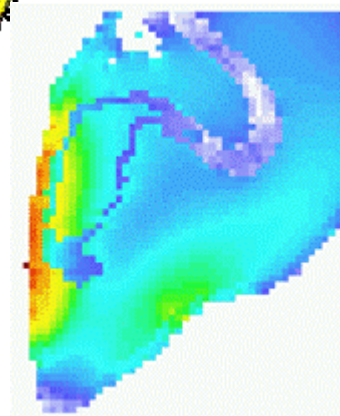
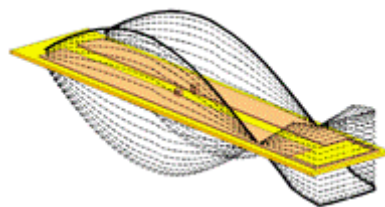
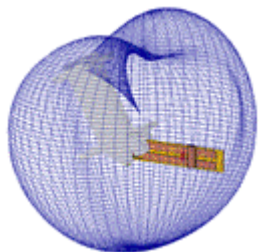
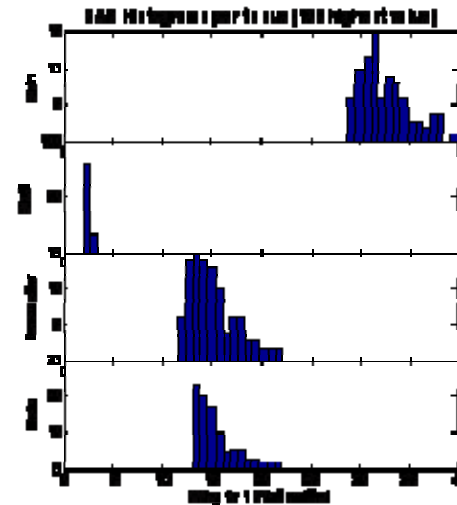
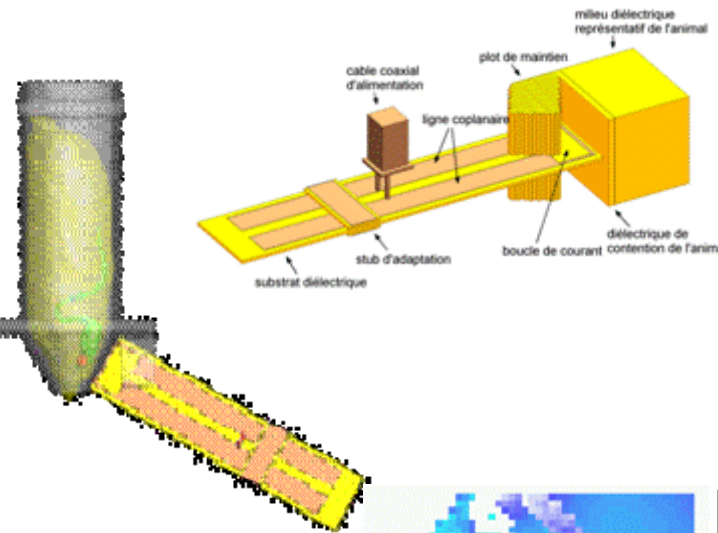
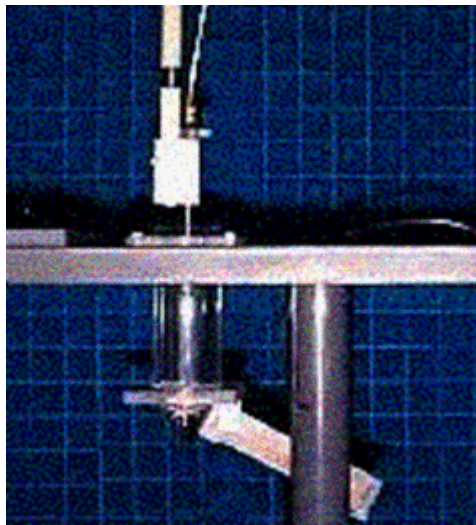


Application : certification des téléphones

- Méthode normalisée
 - CENELEC EN50361
 - IEC 62209-1
 - IEEE 1528



Simulations et mesures pour concevoir les systèmes d'exposition



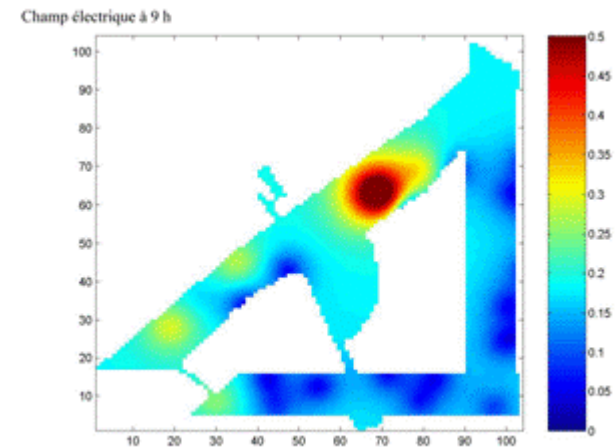
Tissues	Maxim um SAR (W/kg)	95% Confidence interval (W/kg)
Skin	33.5	8
Skull	2.5	0.5
Brain	15.5	5
Dura Mater	15.5	5
Inside the brain at 1 mm from the skull	12	2.5

Mesures et simulations pour l'évaluation du champ

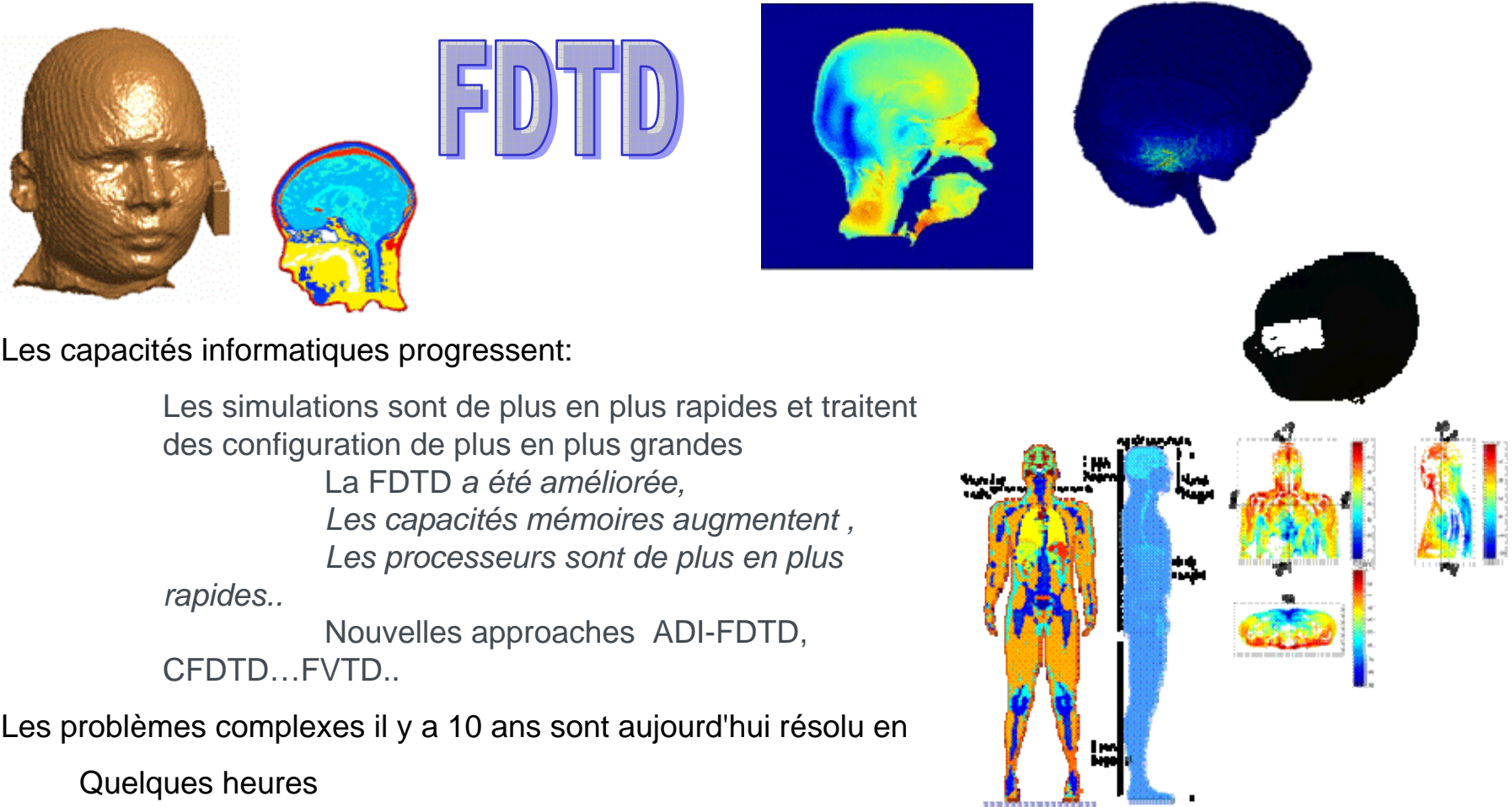
■ Mesures

- ponctuelle via sondes de mesure et analyseur de spectre
- Mesure de l'exposition personnelle via dosimètre

■ Géostatistique au service de l'interpolation



Analyse numérique de l'exposition: la dosimétrie numérique



Les capacités informatiques progressent:

Les simulations sont de plus en plus rapides et traitent des configurations de plus en plus grandes

*La FDTD a été améliorée,
Les capacités mémoires augmentent,
Les processeurs sont de plus en plus*

rapides..

*Nouvelles approches ADI-FDTD,
CFDTD...FVTD..*

Les problèmes complexes il y a 10 ans sont aujourd'hui résolus en

Quelques heures

Ou quelques jours

Le défi de l'incertitude et de la variabilité

- Variabilité des morphologies

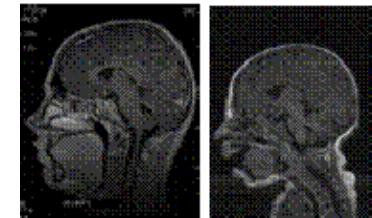
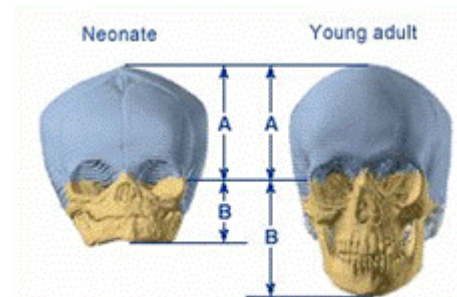
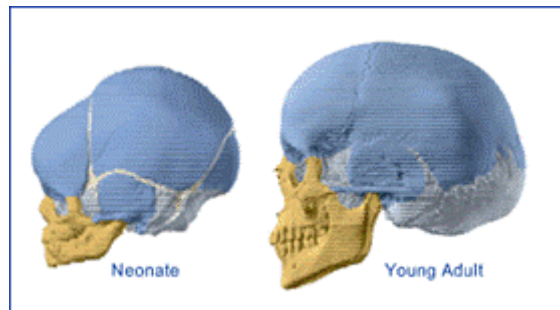
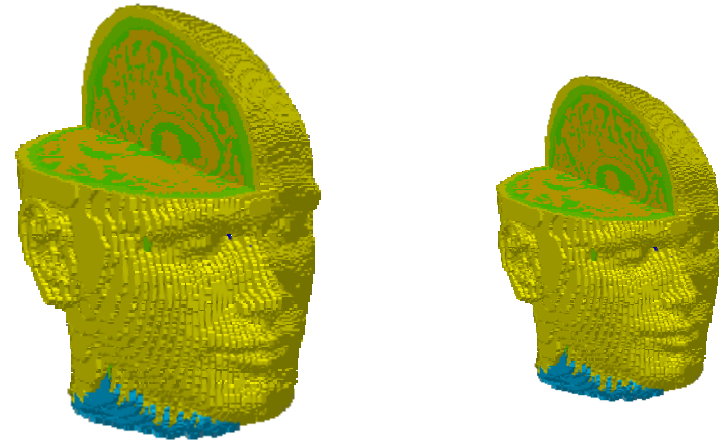


- Variabilités associées aux modèles de sources



Analyse de l'exposition des enfants

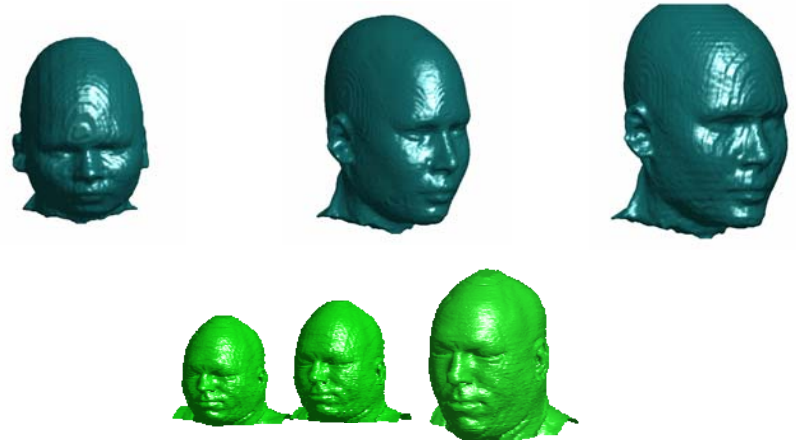
- Les premiers modèles étaient des réductions uniformes...
- Mais un enfant n'est pas un adulte en réduction



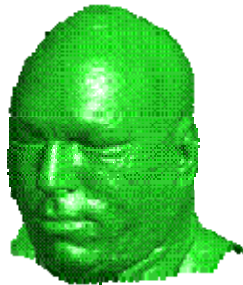
Des modèles anatomiques

■ D'enfants

- A base de morphing
 - Avec des limites ...
- A base d'IRM

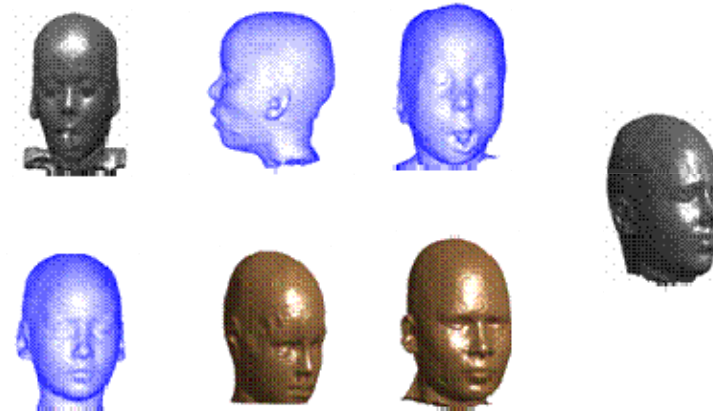
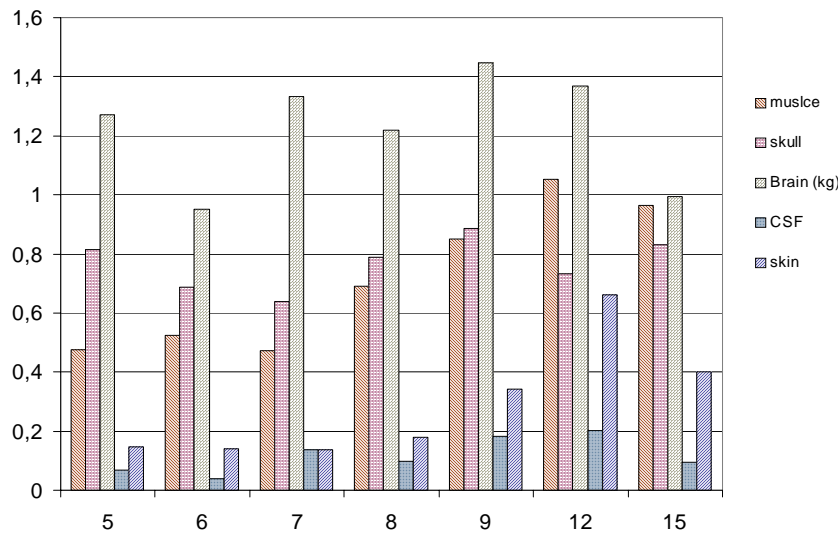
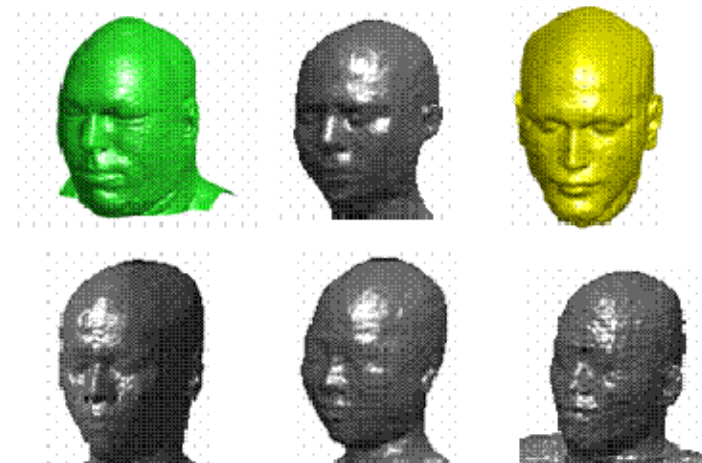
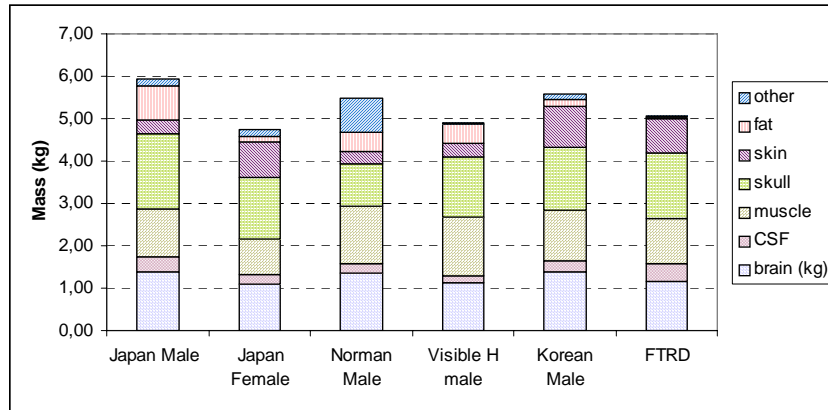


■ D'adultes

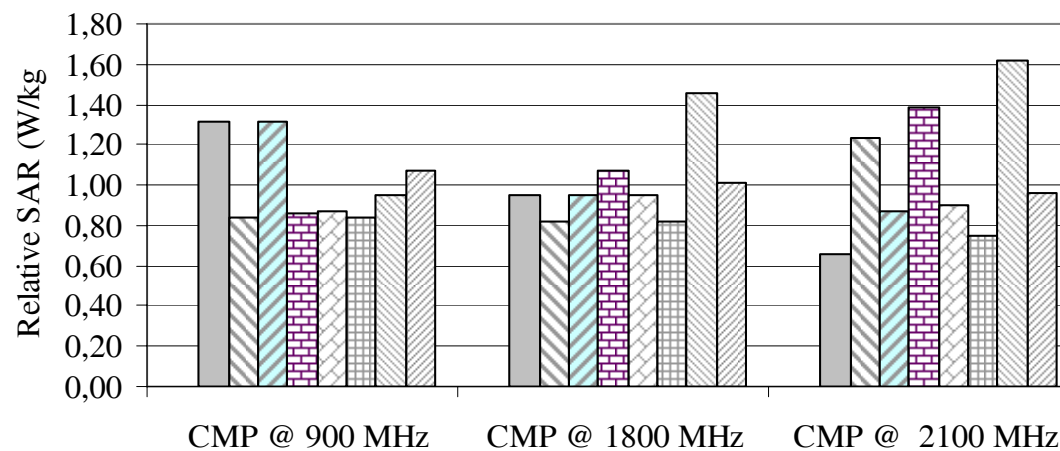
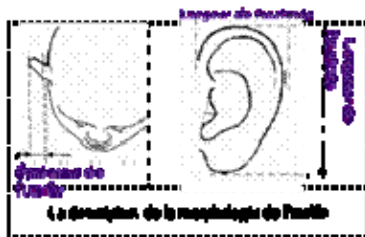


Quelle représentativité ?

Représentatif ?

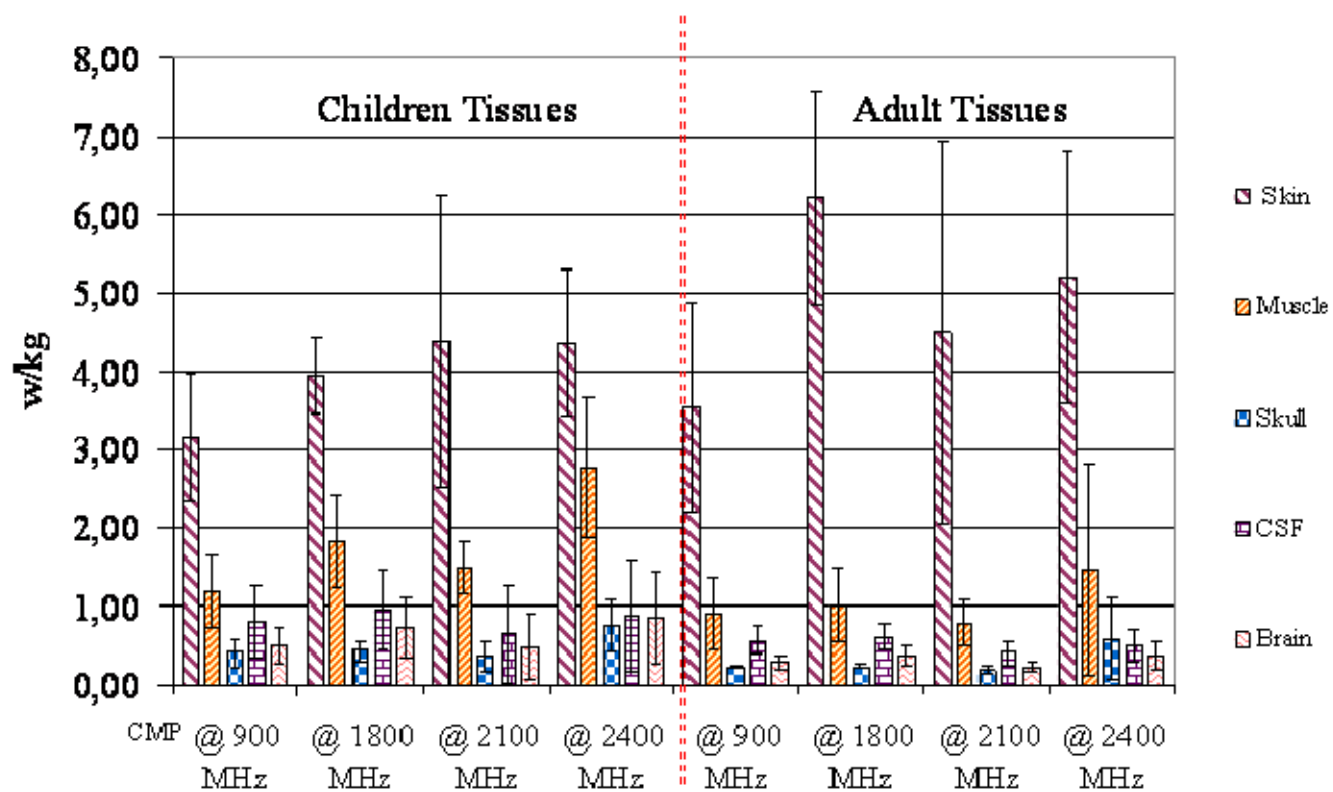


Variabilité dans la même classe d'âge

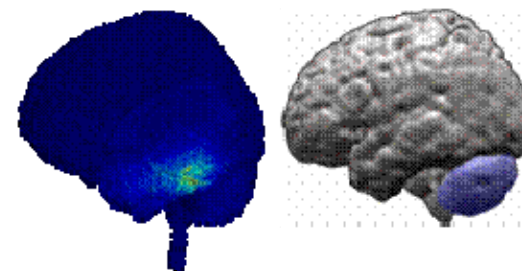
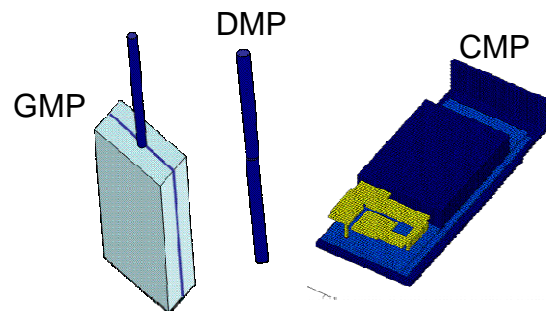


Exposition des tissus

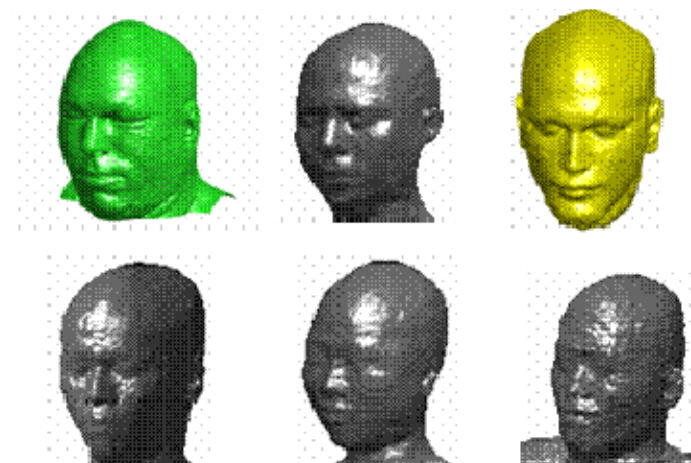
■ Grande



Exposition cervelet / cerveau

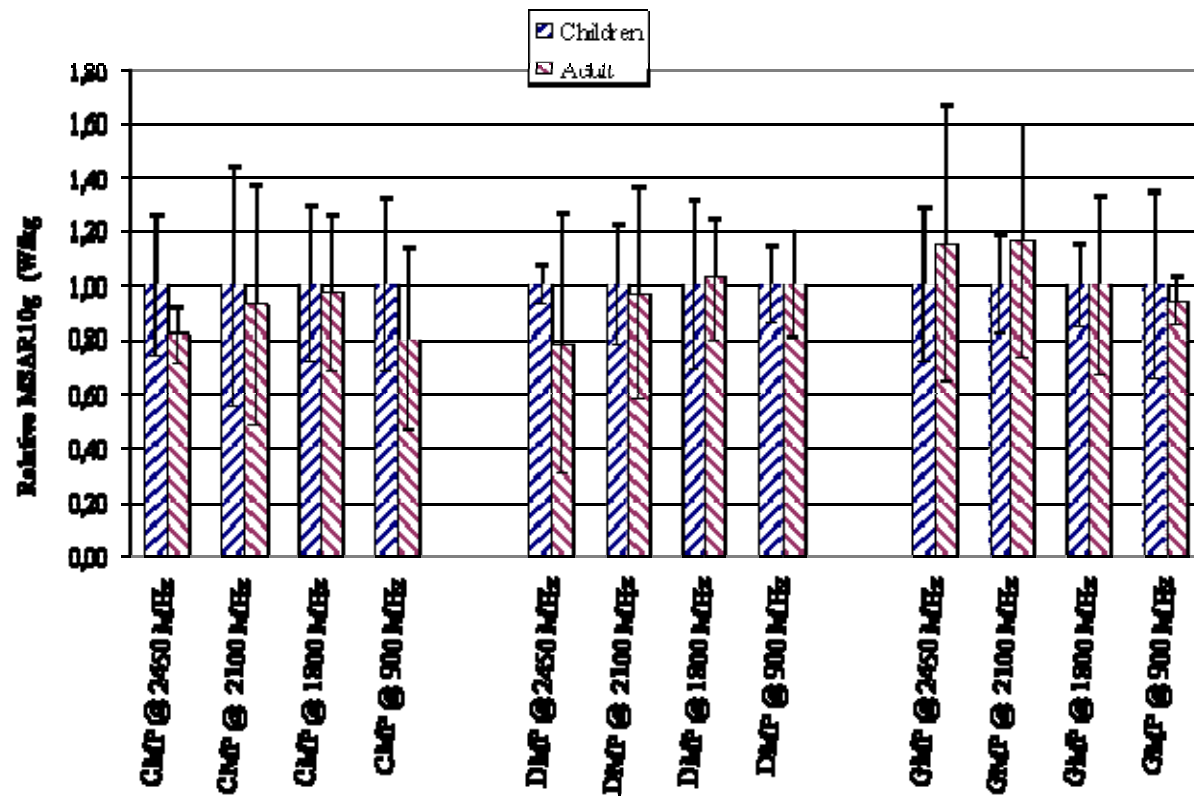


MSAR1g in cerebellum / MSAR1g in brain	DMP	GMP	CMP	Global
Mean	0.5	0.49	0.4	0.47
Std	0.08	0.05	0.06	0.07



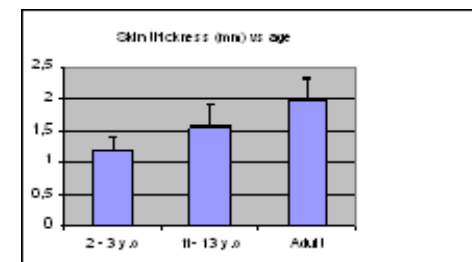
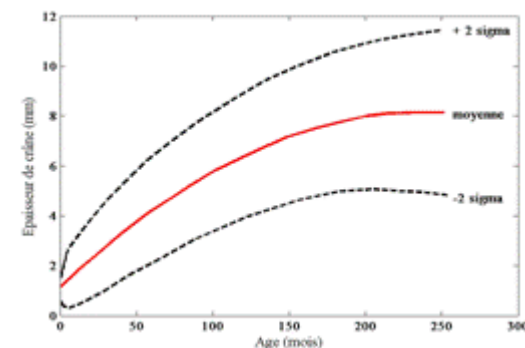
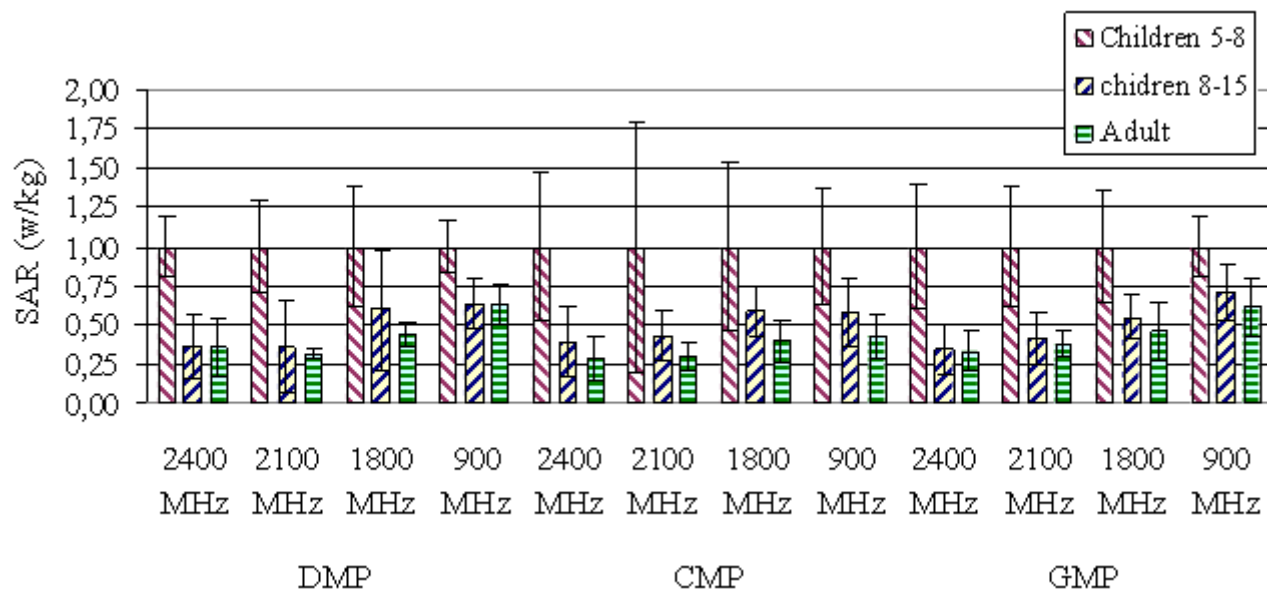
Comparaison enfant adulte

- sur 10g pas de différence



Comparaison enfant adulte

- La peau, l'os et l'oreille sont moins épais
- les couches périphériques du cerveau sont donc plus proche de l'antenne



Conclusion: Le défi de la variabilité

- Les outils de calculs de la dosimétrie numérique et expérimentale sont matures.
- Aujourd'hui, comme dans d'autres domaines la dosimétrie numérique est confrontée à la variabilité des données d'entrée
- Le défi est le management de cette incertitude: au niveau international un cadre commun de travail "MUST" est en cours de montage "**Management of the Uncertainty with Simulations Technique**"

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

Giuseppe Pontiggia