

Communication URSI

Guelilia Zakaria

3 avril 2012

Utilisation de la DG-FDTD pour un calcul de dosimétrie dans un problème fortement multiéchelle : détermination du DAS oeil pour une personne située à proximité d'une source HF/VHF embarquée sur un véhicule

Guelilia Zakaria - Loison Renaud - Gillard Raphael : Université Européenne de Bretagne, France. INSA, IETR, UMR 6164, F-35708 Rennes

Laisne Alexandre : DGA Techniques aéronautiques 47 rue Saint-Jean BP 93123

31131 Balma Cedex

Problématique générale

Calculer numériquement la valeur du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) local dans un scénario grand et fortement multiéchelle

Problème visé

Calcul du DAS oeil entier dans un modèle de corps humain situé à proximité d'une antenne HF/VHF embarquée sur un véhicule.

Mots clés

- Dosimétrie numérique
- Méthode FDTD multigrille

I. Principe de la FDTD

II. La méthode DG-FDTD

- Principe
- Simulation d'un cas test de validation
- Conclusion intermédiaire

III. Mise en situation dans un scénario grand et multiéchelle

- Présentation du scénario
- Décomposition DG-FDTD du problème
- Cartographie de champ et calcul du DAS

IV. Conclusion / Perspective

FDTD = Finite Difference Time Domain

- Outil de simulation électromagnétique rigoureux, 3D, temporel utilisant un maillage cartésien

Avantage:

- Idéal pour la simulation sur une large bande fréquentielle d'objets tridimensionnels et hétérogènes

Inconvénient:

- Maillage uniforme \Rightarrow Problème pour un scénario multiéchelle (suréchantillonnage, utilisation accrue de ressources...)

Méthodes alternatives: Sous maillages ou approches multigrilles

Méthode exploitée : DG-FDTD (Dual Grid FDTD)

I. Principe de la FDTD

II. La méthode DG-FDTD

- Principe
- Simulation d'un cas test de validation
- Conclusion intermédiaire

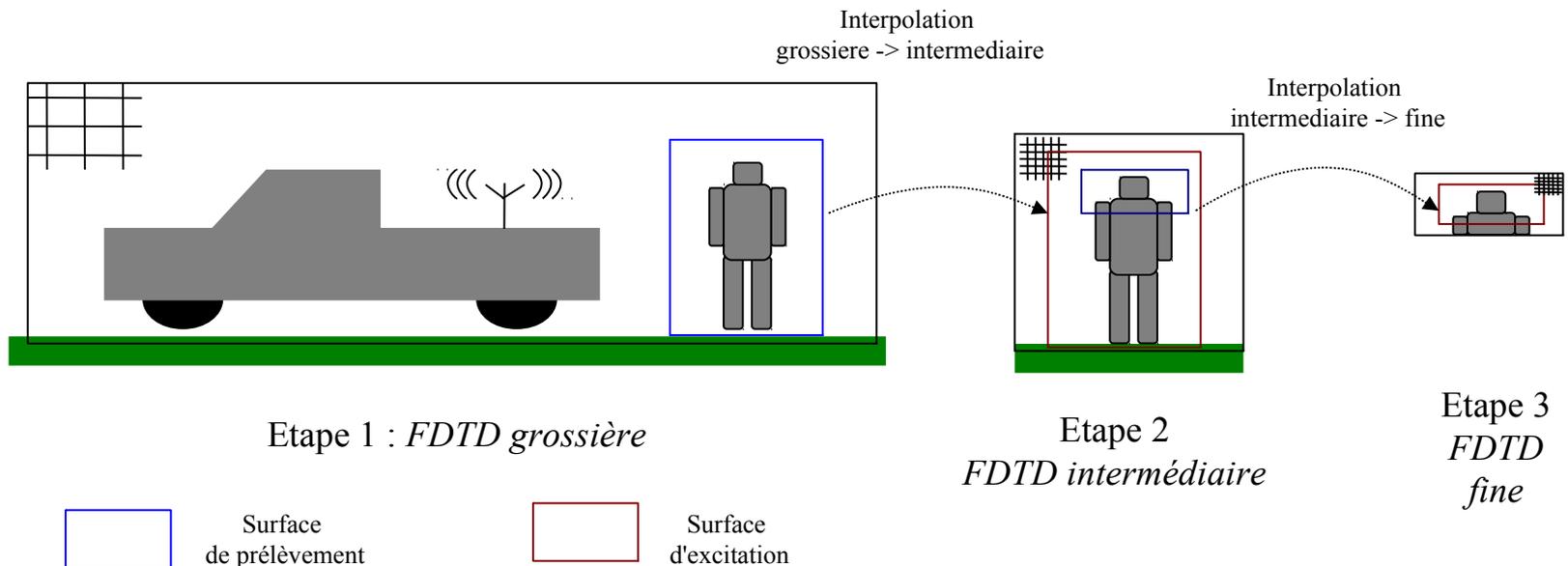
III. Mise en situation dans un scénario grand et multiéchelle

- Présentation du scénario
- Décomposition DG-FDTD du problème
- Cartographie de champ et calcul du DAS

IV. Conclusion / Perspective

DG-FDTD = Dual Grid Finite Difference Time Domain

- Décomposition du scénario multiéchelle en plusieurs étapes
- Plusieurs simulations FDTD sont lancées séquentiellement
- Chaque volume FDTD a son propre niveau de résolution
- Transfert de l'information électromagnétique par le biais d'une surface de prélèvement puis d'une surface d'injection (phase d'interpolation)



Objectif : validation de la DG-FDTD pour le calcul du DAS oeil en HF/VHF

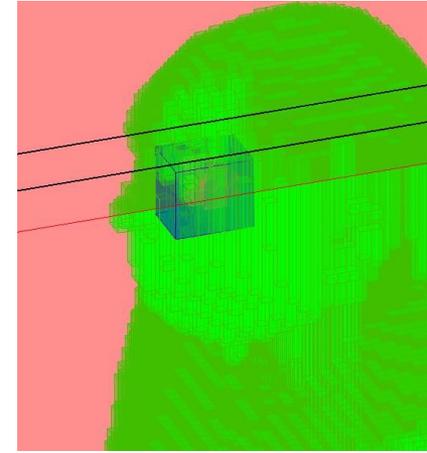
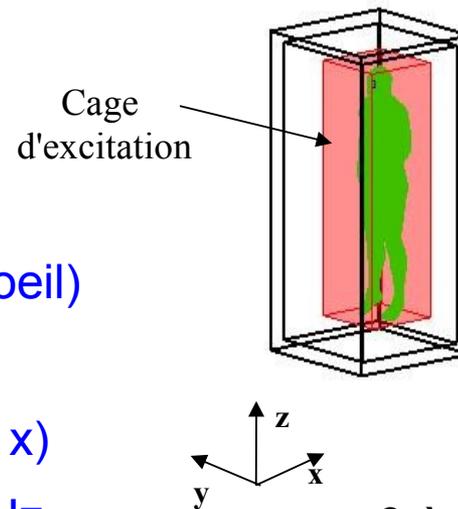
Scénario de validation :

- Visible man ou “Hugo” homogène (sauf oeil)
- Hugo en espace libre, illuminé par une onde plane (1V/m) arrivant de face (selon x)
- Bande de fréquence d'étude: 1 à 100 MHz

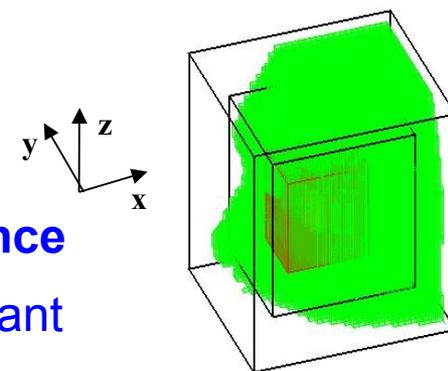
3 simulations mises en oeuvre :

- FDTD intégralement maillée en 8 mm (FDTD-8)
- FDTD intégralement maillée en 4 mm (FDTD-4) - **Référence**
- DG-FDTD décrivant le corps complet en 8 mm puis zoomant sur l'oeil décrit en 4 mm (DG-FDTD-8-4)

1 ère étape (8 mm)



2 ème étape (4 mm)



Temps de simulation :

FDTD-8 = 46 min

FDTD-4 = 7 h 55 min

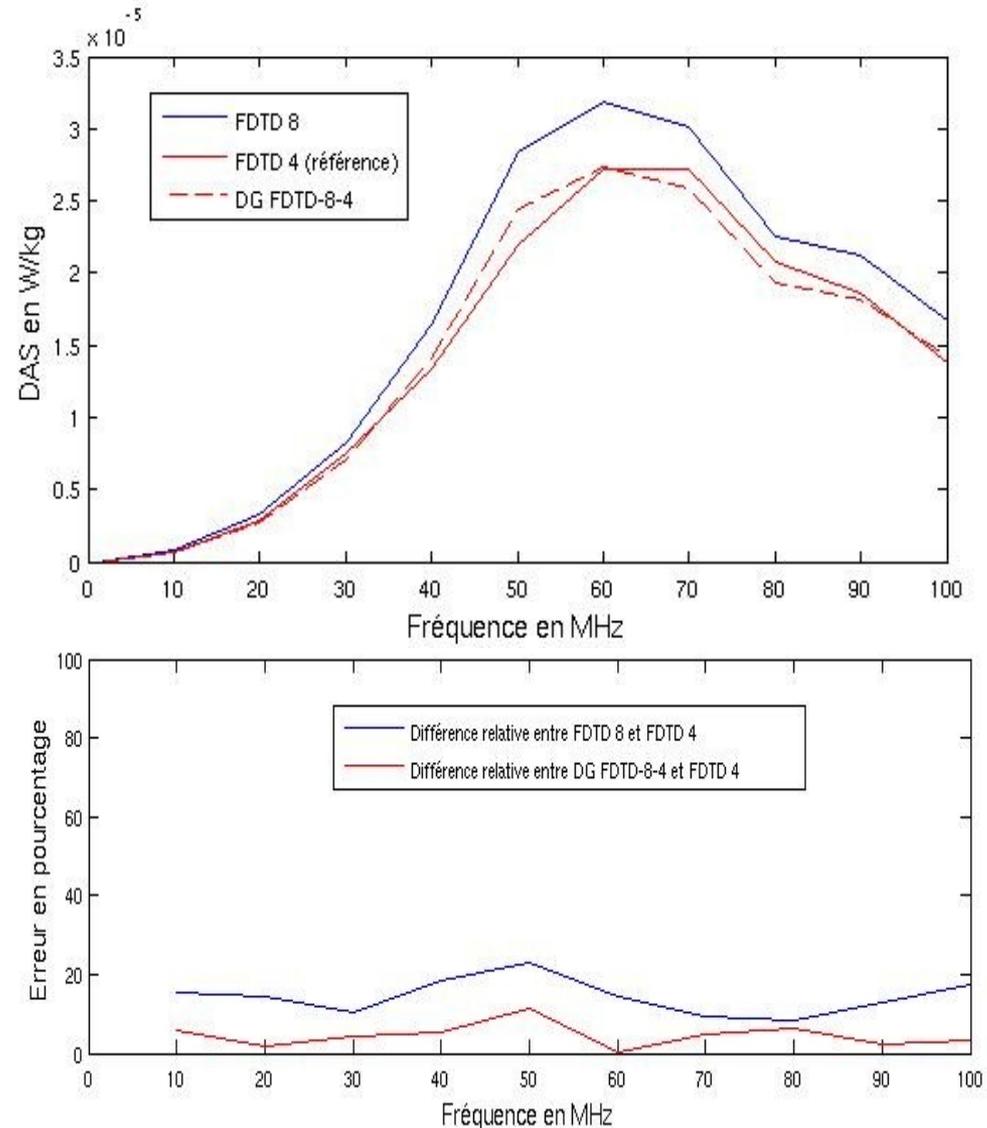
DG-FDTD-8-4 = 1 h 17 min

- Différence entre les résultats FDTD-8 et FDTD-4 : la résolution 8 mm est insuffisante

- FDTD-4 et DG-FDTD-8-4 donnent des résultats proches

Conclusions sur la DG-FDTD :

Estimation correcte du DAS +
Gain de temps significatif



I. Principe de la FDTD

II. La méthode DG-FDTD

- Principe
- Simulation d'un cas test de validation
- Conclusion intermédiaire

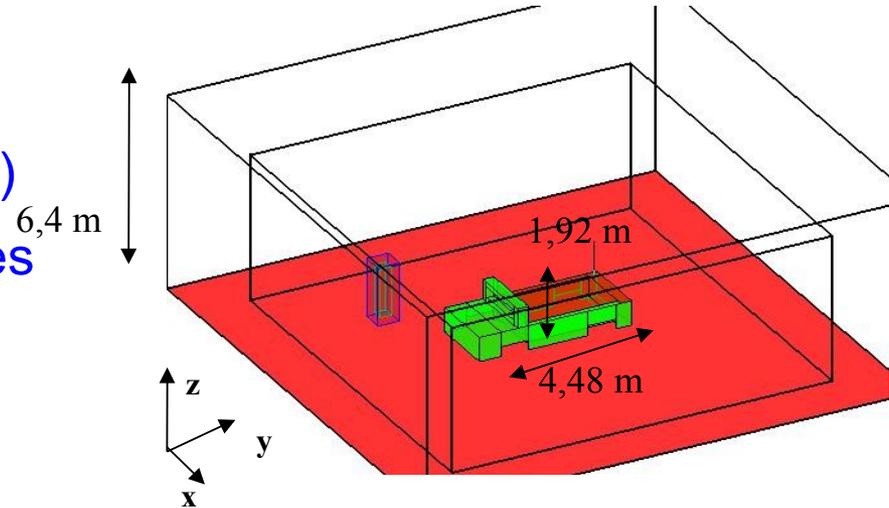
III. Mise en situation dans un scénario grand et multiéchelle

- Présentation du scénario
- Décomposition DG-FDTD du problème
- Cartographie de champ et calcul du DAS

IV. Conclusion / Perspective

Mise en situation :

- Voiture équipée d'une antenne monopôle rayonnant dans la bande HF/VHF (1 à 100 MHz, $\lambda_{\min} = 3$ m)
- Modèle de corps humain placé près du véhicule

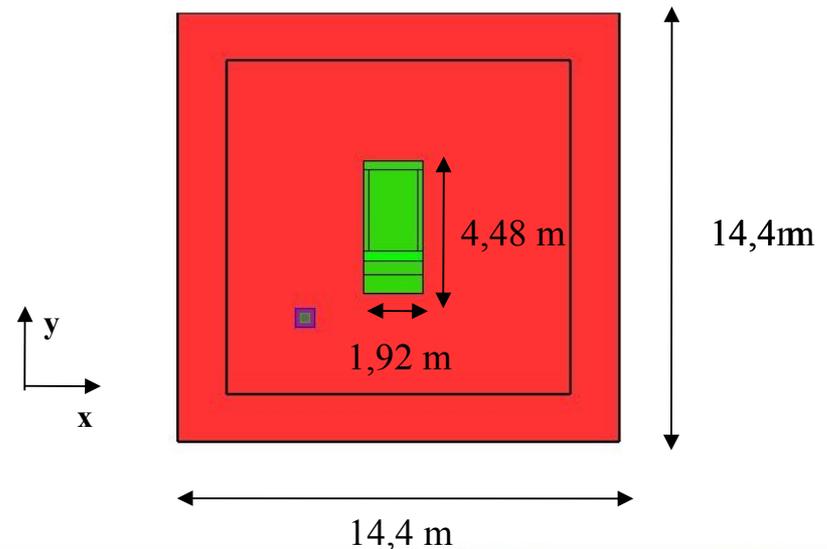


But : Calcul du DAS oeil gauche

Contexte fortement multiéchelle :

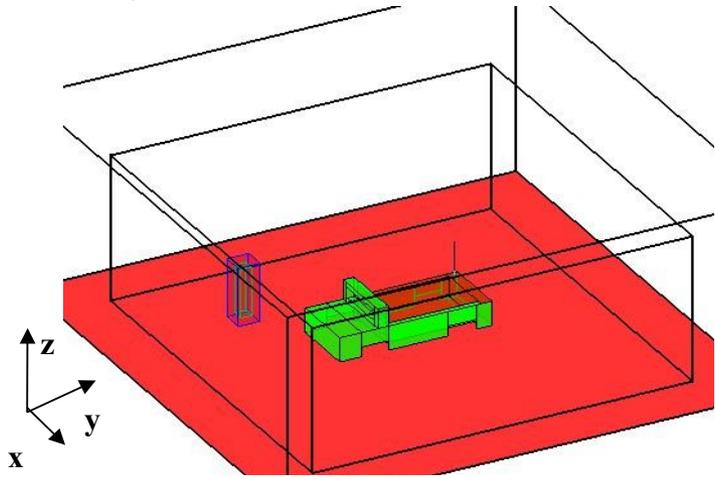
Dimensions de l'oeil très faibles comparées à celles de l'environnement (véhicule ...)

Scénario impossible à traiter avec une FDTD classique



Mise en situation : Décomposition du problème

1ère étape (dx=dy=dz=160 mm)

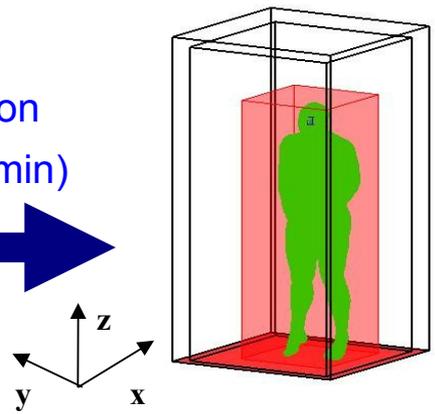


FDTD 160 (27 sec)

Interpolation
160 \Rightarrow 8 (9 min)



2ème étape (8mm)

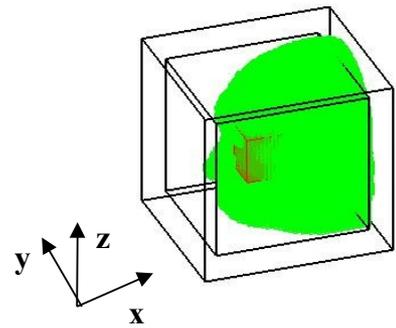


FDTD-8
(3 h 40 min)

Interpolation
8 \Rightarrow 4 (5 min)



3ème étape (4 mm)

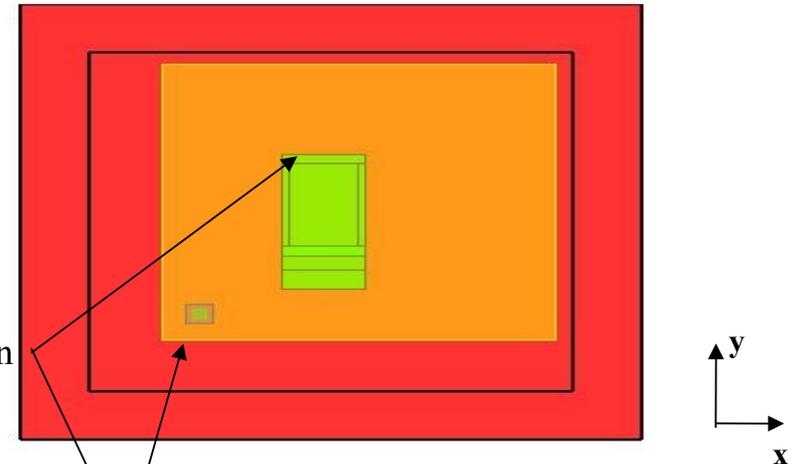
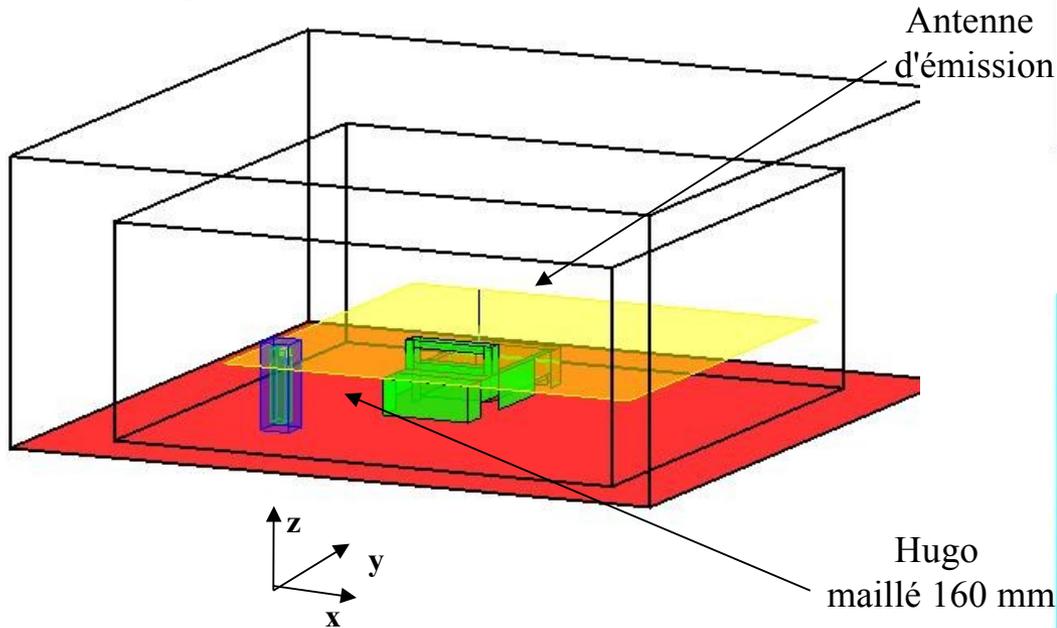


FDTD-4
(9 min)

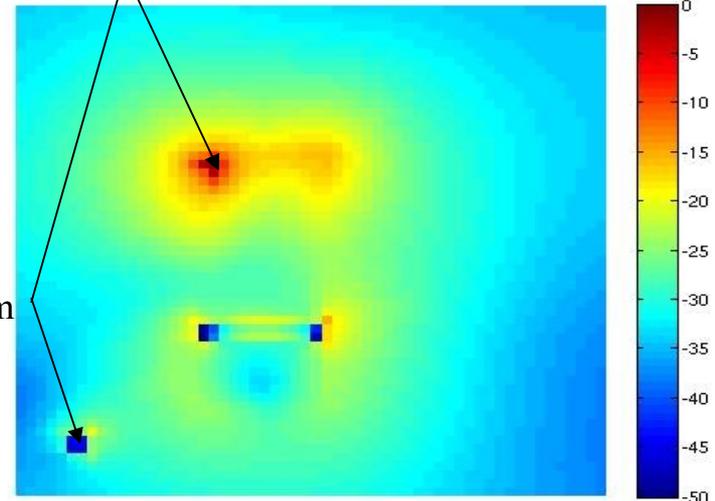
- Décomposition du scénario en 3 étapes
- Temps de simulation total \approx 4 h 06 min

Cartographie de champ :

Observation du champ Electricique normalisé par rapport au maximum à la fréquence de 60 MHz



Cartographie en dB



$$DAS = 6,5275 \times 10^{-6} \text{ W/kg (pour un 1 W d'émission)}$$

I. Principe de la FDTD

II. La méthode DG-FDTD

- Principe
- Simulation d'un cas test de validation
- Conclusion intermédiaire

III. Mise en situation dans un scénario grand et multiéchelle

- Présentation du scénario
- Décomposition DG-FDTD du problème
- Cartographie de champ et calcul du DAS

IV. Conclusion / Perspective

Conclusion :

- Exploitation avec succès de la méthode DG-FDTD pour le calcul du DAS oeil (1 à 100 MHz) dans un scénario grand et multiéchelle
- Réduction du temps de calcul et des ressources informatiques par rapport à une approche FDTD classique

Perspectives :

- Déterminer le DAS oeil pour toutes les positions du corps au voisinage du véhicule ⇒ Etude de la **variabilité**
- Nécessité de construire un **métamodèle** ou modèle de substitution pour étudier exhaustivement toutes les positions