

Evolution de la décomposition domaines chez NEXIO vers l'analyse d'antennes embarqués sur structures de grande taille



José Maria Tamayo-Palau

24/03/2022

Jose-maria.tamayo-palau@nexiogroup.com

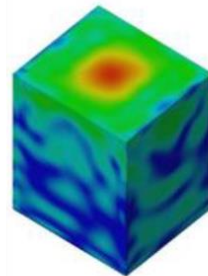
Objectif

- Améliorer la précision des méthodes de modélisation d'antenne par source de champ proche (dite boîte de Huygens) pour le calcul de diagramme de rayonnement et de découplage entre antennes sur une structure et en particulier dans le cas d'un couplage fort entre l'antenne et la structure proche.



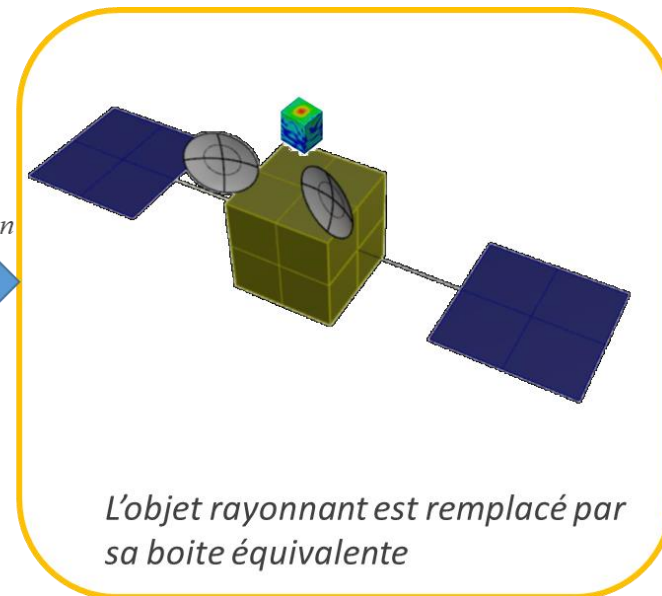
Antenne ou
l'Object
rayonnant

Simulation
ou mesure



Boîte d'Huygens
(en champs proche)

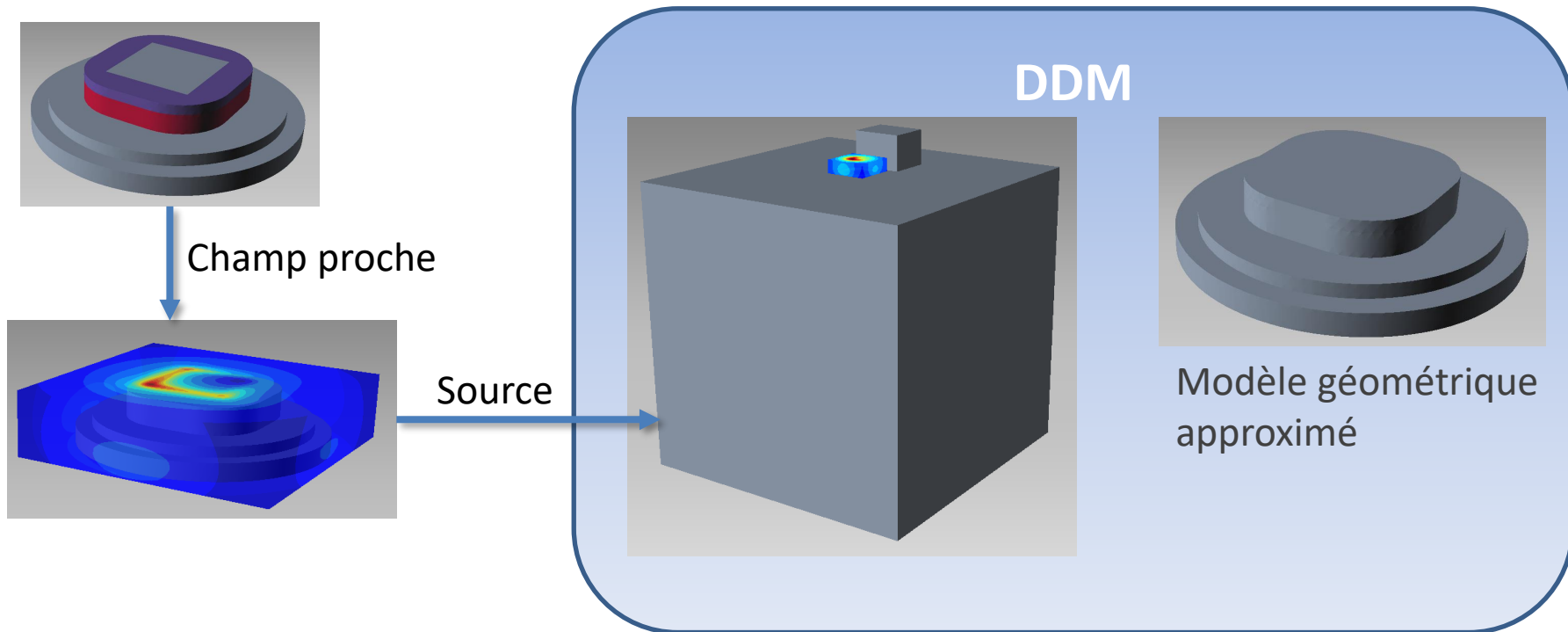
Simulation



L'objet rayonnant est remplacé par
sa boîte équivalente

Conditions

- Modèle CAO précis de l'antenne pas disponible.
- Modèle CAO approximée de l'antenne disponible (contour externe de l'antenne).
- Champ proche de l'antenne dans un boîte disponible.



Plan de la présentation

- Méthode DDM – EPA – MoM
- DDM avec modèle géométrique simplifié d'antenne
- Problématique pour Antenne collée à la structure
 - Singularité boîte Huygens
 - Half-RWG
 - Overlap des domaines
- Conclusion



Méthode Décomposition Domaines (DDM) - Equivalent Principle Algorithm (EPA)

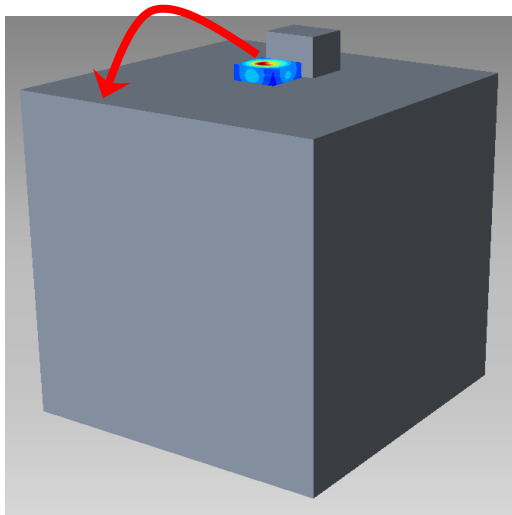
- La surface de la boîte de Huygens fait d'interface entre domaines.
- Les champs électriques et magnétiques sur l'interface sont les inconnues de la méthode.
- On utilise une méthode itérative de type GMRES pour arriver à la solution.
- La solution de chaque sous-domaine est fait avec la MoM. Nous utilisons le MLACA où le MSCBD pour accélérer la solution des sous-domaines.

$$\begin{bmatrix} I & \bar{\mathbf{R}}_1 \mathbf{A}_1^{-1} \mathbf{C}_{12} \bar{\mathbf{R}}_2^T \\ \bar{\mathbf{R}}_2 \mathbf{A}_2^{-1} \mathbf{C}_{21} \bar{\mathbf{R}}_1^T & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{x}}_1 \\ \bar{\mathbf{x}}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{R}}_1 \mathbf{A}_1^{-1} b_1 \\ \bar{\mathbf{R}}_2 \mathbf{A}_2^{-1} b_2 \end{bmatrix}$$

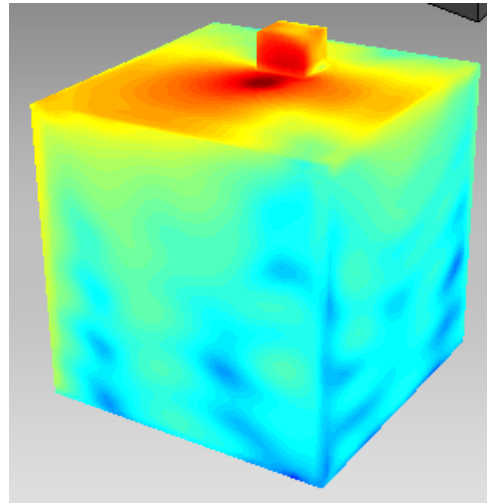
$$\bar{\mathbf{x}}_1 = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{H}}_{S^+}^{(1)} \\ \tilde{\mathbf{E}}_{S^+}^{(1)} \end{bmatrix}; \quad \bar{\mathbf{x}}_2 = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{H}}_S^{(2)} \\ \tilde{\mathbf{E}}_S^{(2)} \end{bmatrix}$$

Méthode Décomposition Domaines (DDM) - Equivalent Principle Algorithm (EPA)

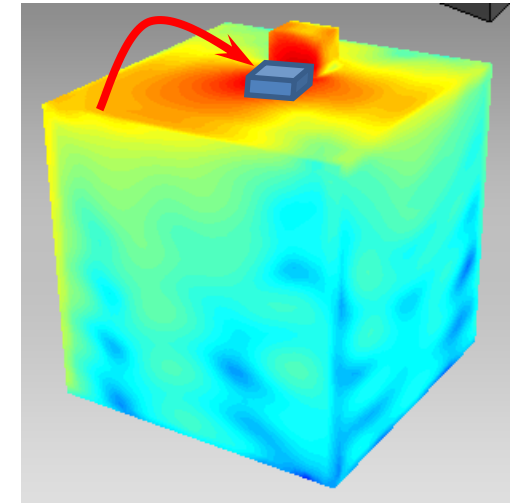
Itération i – Domaine 1



HB domaine 2 itér $i - 1$



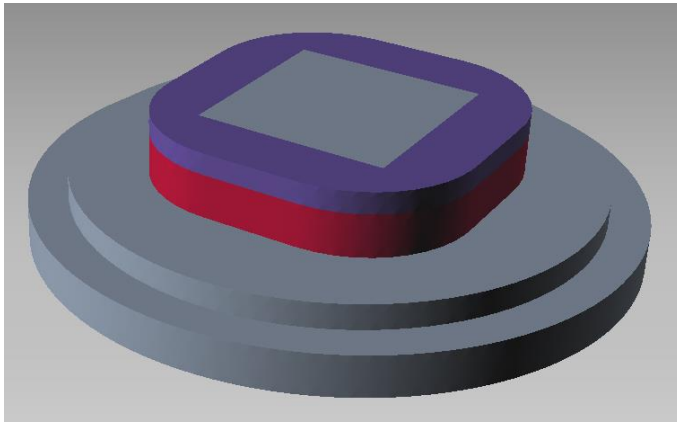
MoM : J_{eq} , M_{eq}



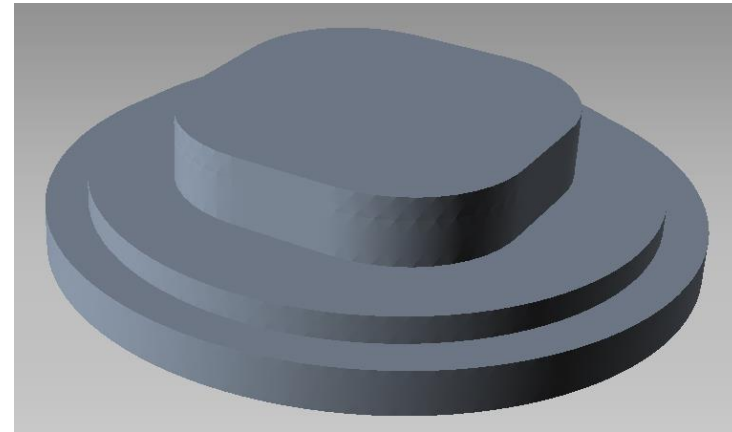
Champ rayonné sur la HB

Modèle simplifié de l'antenne sur boîte avec obstacle

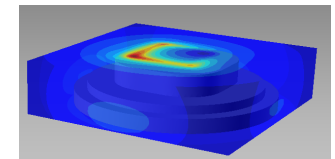
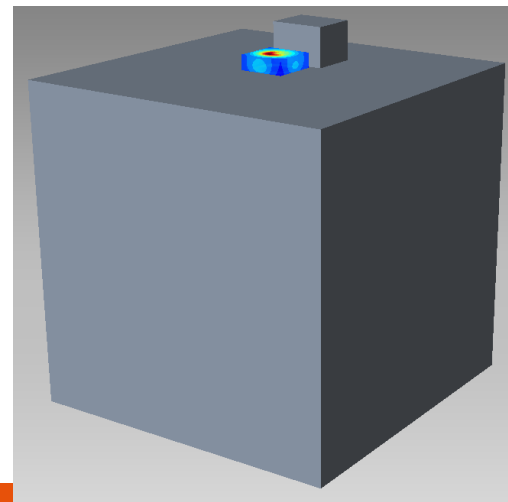
- Antenne GPS Source GNSS3A sur boîte avec obstacle



Modèle géométrique complet
Matériaux diélectriques
Alimenté par deux fils internes

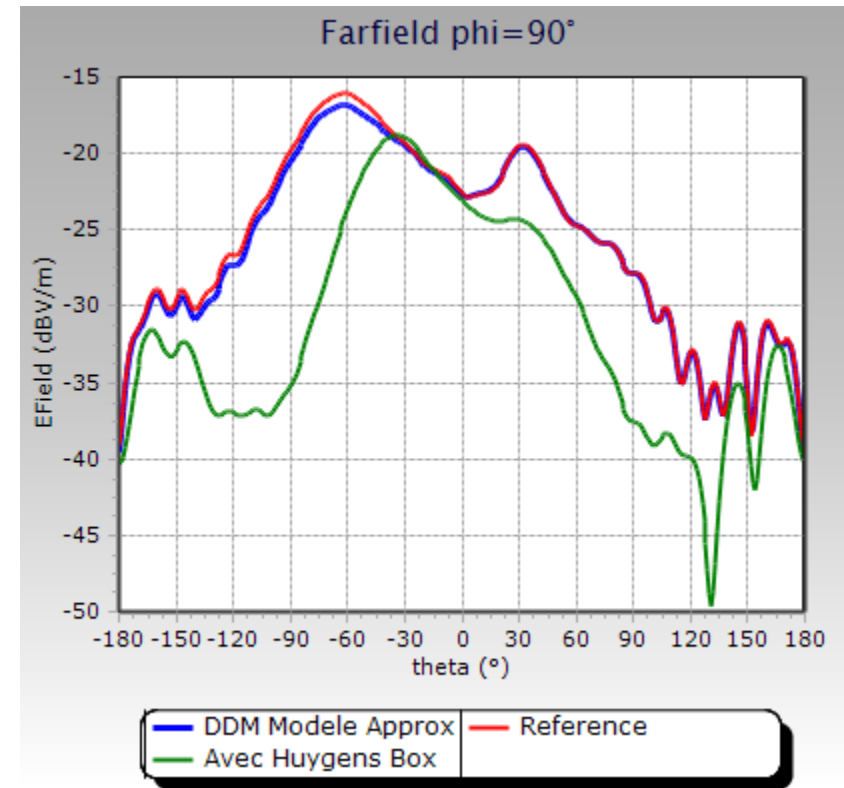
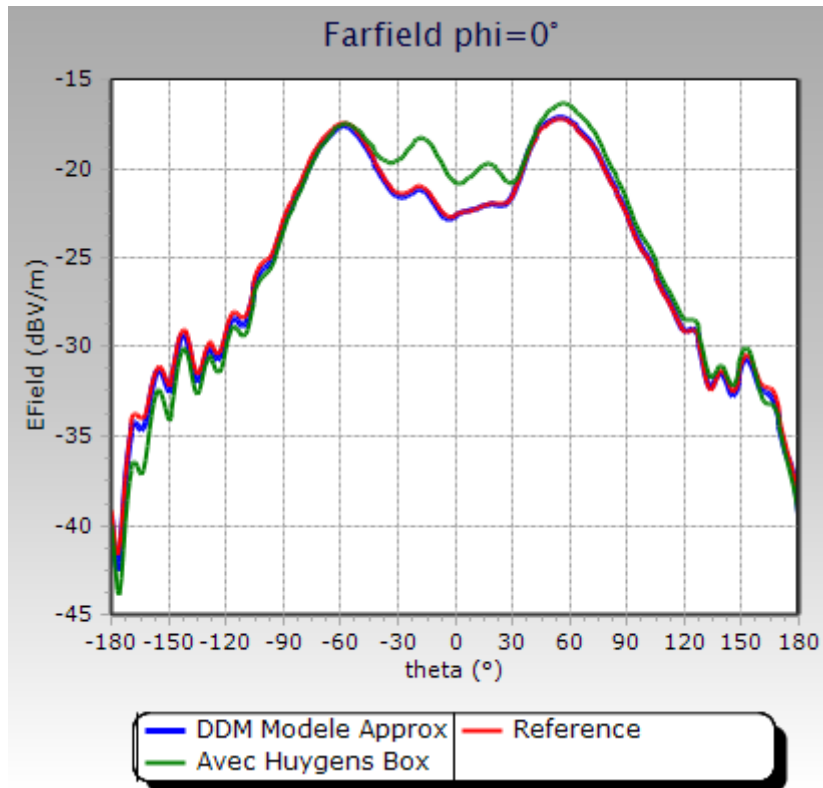
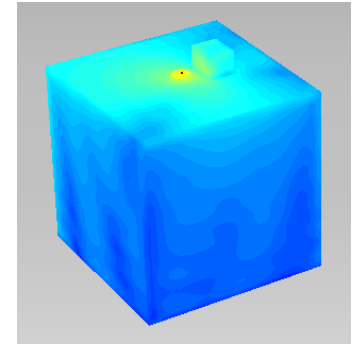


Modèle géométrique approximé
Seul partie externe et tout métallique



Modèle simplifié de l'antenne sur boîte avec obstacle

- Antenne à 1cm de la boîte
- Modèle géométrique approximée de l'antenne GPS sans diélectrique et sans excitation.
- Boîte de Huygens comme source initiale pour le domaine externe.

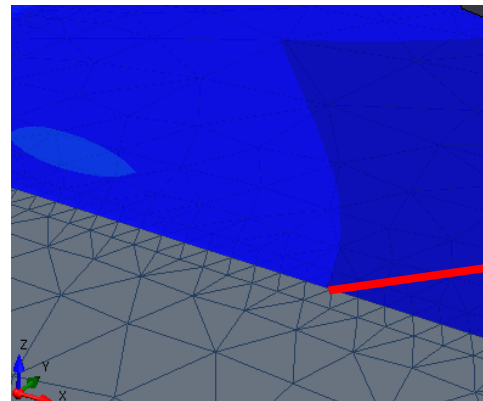
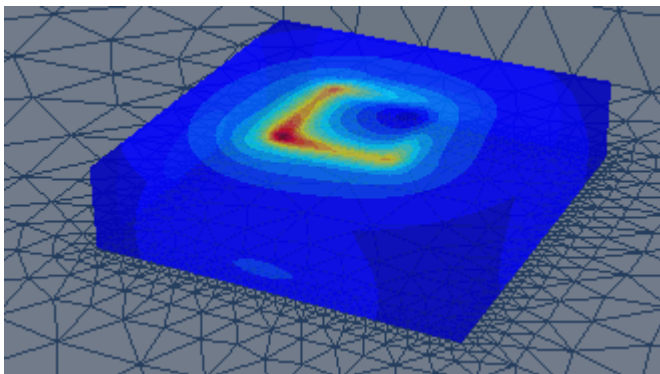


Problématique pour Antenne collée à la structure

- Singularité boîte Huygens

Le rayonnement d'un dipôle élémentaire présente une singularité à la position du dipôle ($r \rightarrow 0$)

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{E}_r = \eta \frac{Il_0}{2\pi r^2} \cos\theta \left[1 + \frac{1}{jkr} \right] e^{-jkr} \\ \mathbf{E}_\theta = \eta \frac{Il_0}{4\pi r} \sin\theta jk \left(\left[+1 + \frac{1}{jkr} - \frac{1}{k^2 r^2} \right] \right) e^{-jkr} \end{array} \right.$$

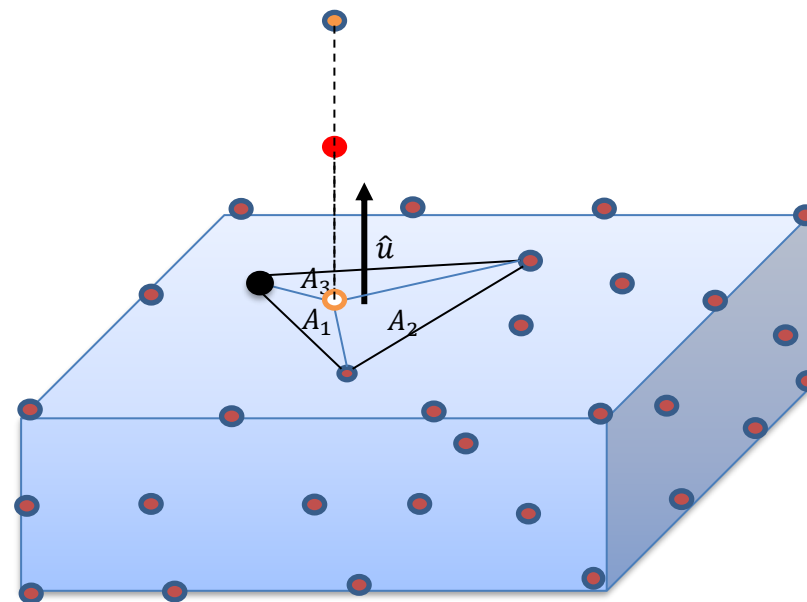


Calcul au niveau de la boîte

Problématique pour Antenne collée à la structure

- Singularité boîte Huygens

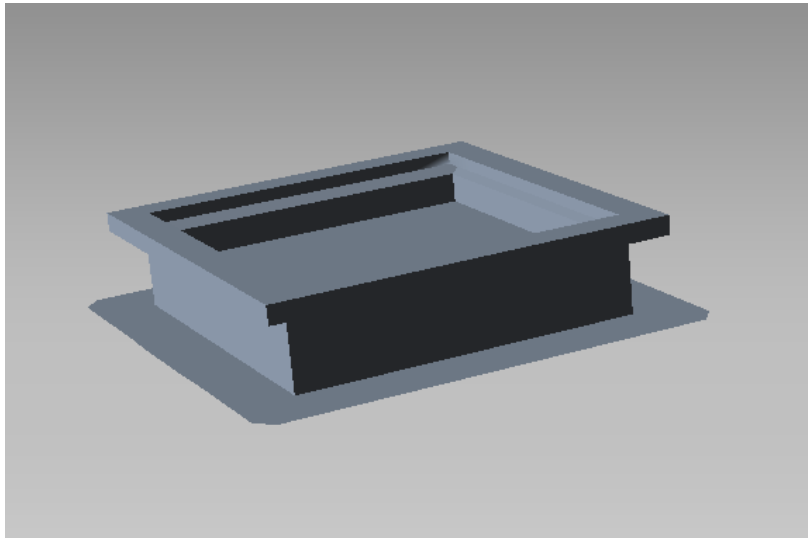
Solution proposée :



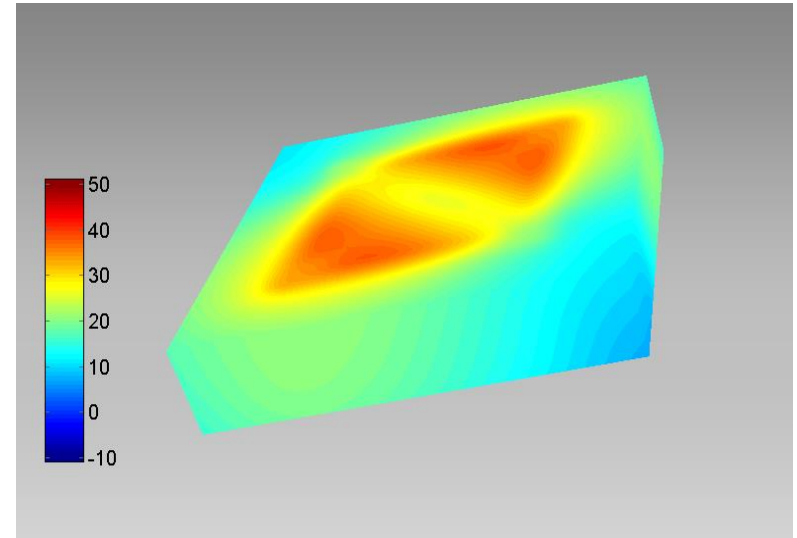
- Point de calcul de la boîte d'Huygens (entrées)
- Point d'observation singulier
- Point de la boîte d'Huygens le plus proche du point d'observation
- Point d'interpolation (non singulier)

Problématique pour Antenne collée à la structure

- Singularité boîte Huygens



Antenne GPS



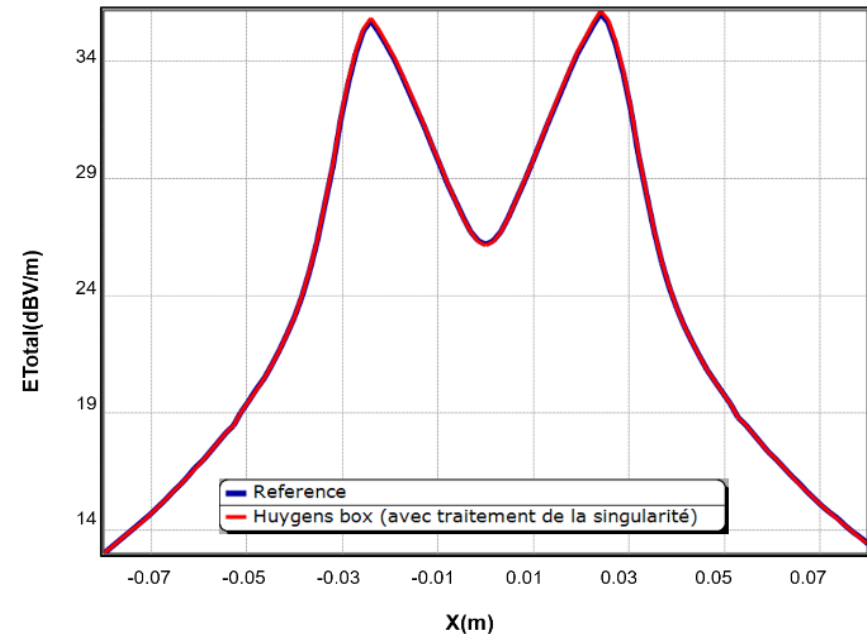
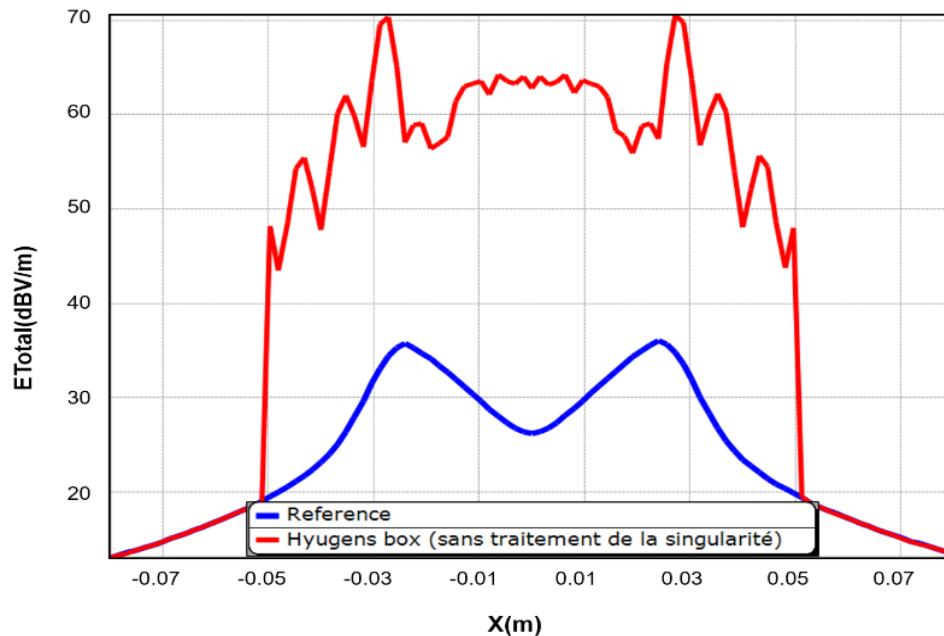
Boite d'Huygens équivalente

	x	y	z
min	-0.05	-0.05	0.003
max	0.05	0.05	0.018285



Problématique pour Antenne collée à la structure

- Singularité boîte Huygens

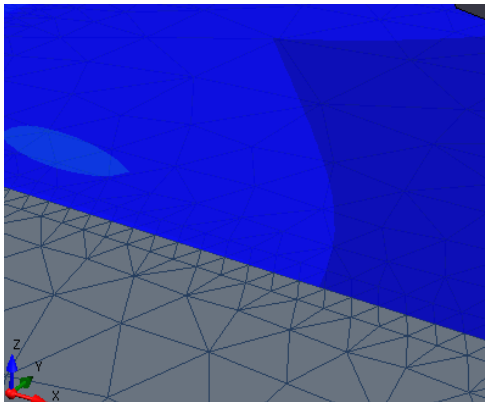


Module du champs total calculé à $z=0.018285$ (Face supérieure de la boîte), $y=0$ et x variant de $[-0.08, 0.08]$

Problématique pour Antenne collée à la structure

- Les courants doivent pouvoir rentrer/sortir de la boîte d'interface.

Possible solution : Fonctions de base Half-RWG (Monopolar RWG)



Testing avec RWG pour éviter intégral de ligne infini. Non div-conforming.

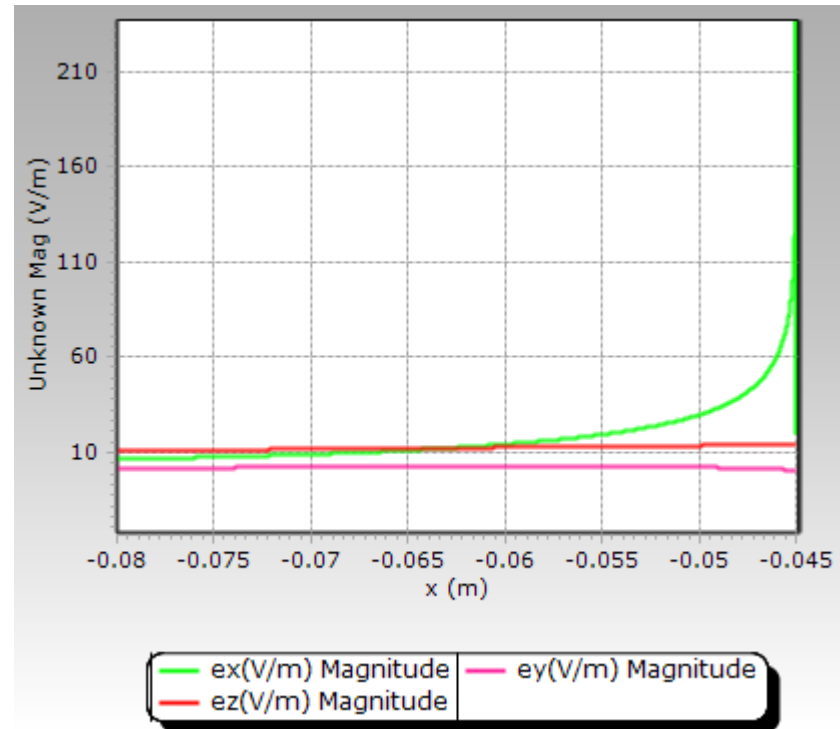
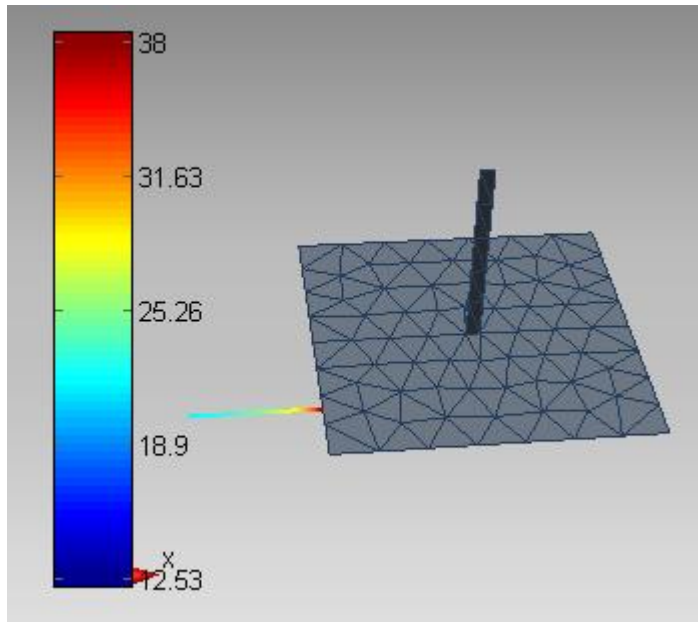
$$\begin{aligned}
 & -j \frac{\eta_0}{k} \iint_{T_m^p \cup T_m^N} \nabla \cdot \mathbf{R}_m^p(\mathbf{r}) \iint_{T_n^i} G(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \nabla' \cdot \mathbf{f}_n^i ds' ds \\
 & + j \frac{\eta_0}{k} \iint_{T_m^p \cup T_m^N} \nabla \cdot \mathbf{R}_m^p(\mathbf{r}) \oint_{\partial T_n^i} G(\mathbf{r}, \mathbf{r}') (\mathbf{f}_n^i \cdot \mathbf{n}_{c,n}^i) dl' ds
 \end{aligned}$$

PROBLEME : Champ au niveau des arêtes singulier

E. Ubeda, I. Sekulic, Juan M. Rius and A. Heldring, "Tangential-normal surface testing for the nonconforming discretization of the Electric-Field Integral Equation", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol 15

Problématique pour Antenne collée à la structure

- Les courants doivent pouvoir rentrer/sortir de la boîte d'interface.



Problématique pour Antenne collée à la structure

- **Overlap des domaines**

Pour éviter le calcul du champ au niveau des arêtes (singulier) on peut rajouter un petit overlapping entre domaines.

On revient au problème de singularité de la boîte de Huygens au niveau de la boîte. Dans ce cas la méthode proposé ne marche pas bien et on doit la modifier.



Conclusion

- La méthode DDM basée sur l'EPA marche bien avec l'utilisation de la MoM pour chaque domaine quand les domaines n'ont pas d'intersection.
- Nous avons montré la possibilité d'obtenir des bons résultats à partir du champ proche de l'antenne en espace libre plus une approximation de la géométrie d'antenne.
- Les difficultés rencontrées pour cette méthode DDM quand l'antenne est collée à la structure ont été annoncées et partiellement traitées.
- Nous avons encore des développements à faire pour bien surmonter ces difficultés.
- Il faudrait améliorer les performances de la méthode pour que ce soit vraiment utile.

