

Contexte :

Simulation électromagnétique de réseaux d'antennes comportant un grand nombre d'éléments.

But recherché : • diminution du temps de calcul nécessaire,
• diminution des ressources informatiques nécessaires,
• prise en compte rigoureuse des couplages entre les antennes.

Méthode de calcul : Différences Finies dans le Domaine Temporel (FDTD)

Possibilité de simuler les structures étudiées sur une large bande de fréquence.

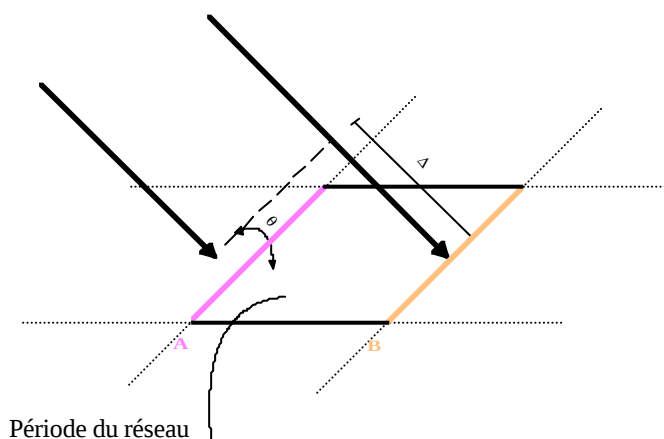
Prise en compte de structures 3D complexes.

Hypothèse de réseaux périodiques infinis d'éléments tous identiques.

Utilisation du théorème de Floquet dans le domaine temps.

Théorème de Floquet :

Etude d'une période unique du réseau.



Différence de chemin

$$\Delta = \sin(q) \cdot AB$$

Décalage temporel associé

v: célérité de l'onde dans le milieu

$$dt = \frac{\sin(q) \cdot AB}{v}$$

Le champ en B est obtenu par stockage du champ en A.

$$\Psi(B,t) = \Psi(A,t - dt)$$

Le champ en A est obtenu par anticipation du champ en B.

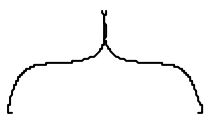
$$\Psi(A,t) = \Psi(B,t + dt)$$



Traitement impossible avec une méthode itérative,
Restriction à des structures illuminées sous incidence normale
(ou excitées en phase).

Mise en oeuvre pratique : Limitation aux structure excitées en phase :

Le calcul de E nécessite la connaissance des 2 champs H adjacents.



$$E_1 = f(H_0, H_1) = f(H_N, H_1)$$

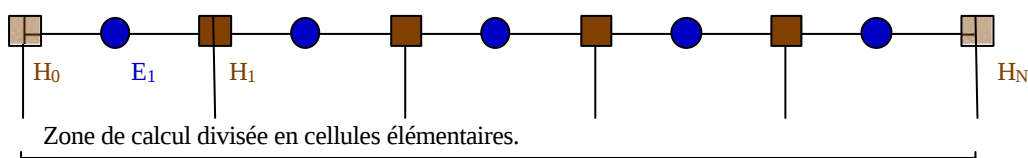
Champs E



Champs H

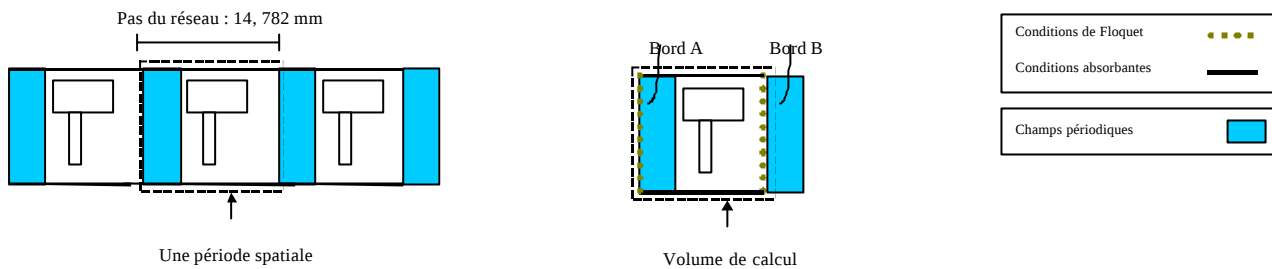


Champs H périodiques



Cas du réseau linéaire :

Utilisation de la périodicité du réseau qui découle de l'utilisation du théorème de Floquet.
 Dans le cas du réseau infini, le calcul des champs sur le bord B du volume de simulation s'effectue par identification avec les champs, **connus**, situés une période spatiale avant, sur le bord A.

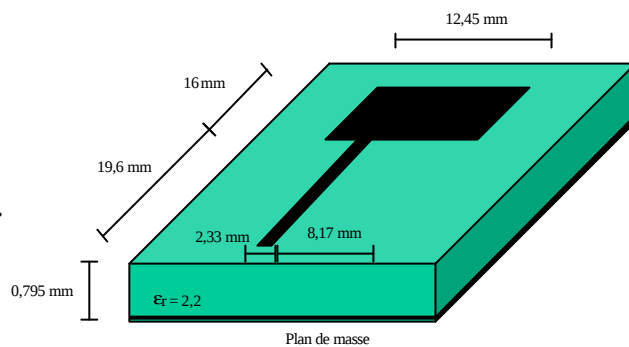


Réseau fini

Réseau infini

Antenne utilisée :

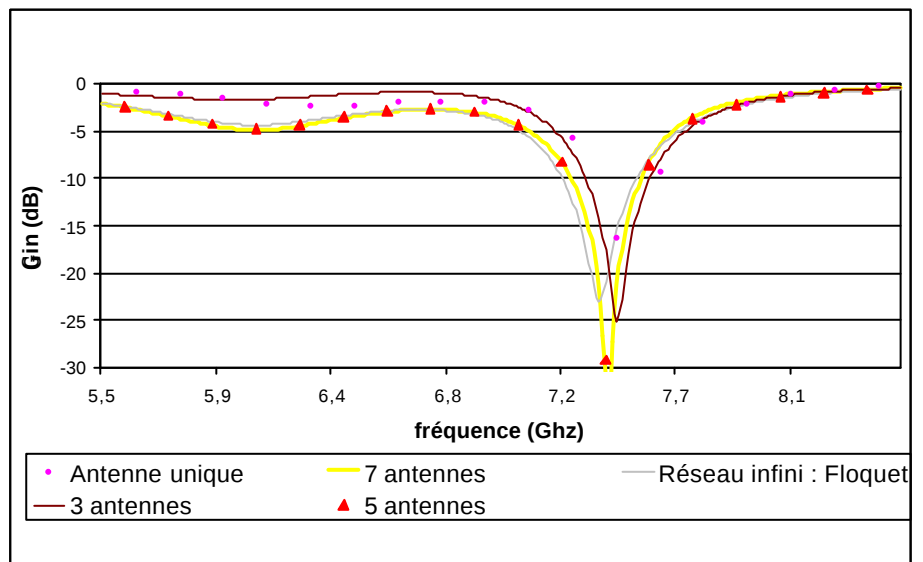
Antenne patch alimentée par ligne microruban.



Résultats :

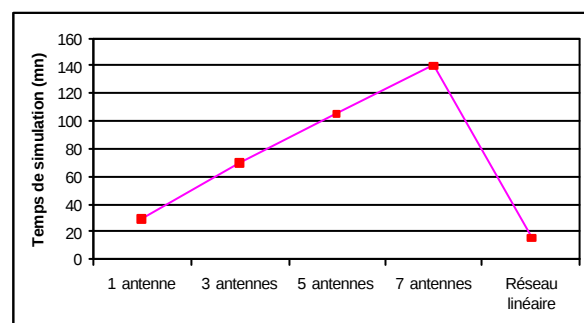
Observation du coefficient de réflexion mesuré sur la ligne de l'antenne centrale.

Les simulations permettent de fixer à 7 le nombre d'antennes à simuler pour retrouver le comportement d'un réseau infini, bien différent du comportement d'une antenne seule.



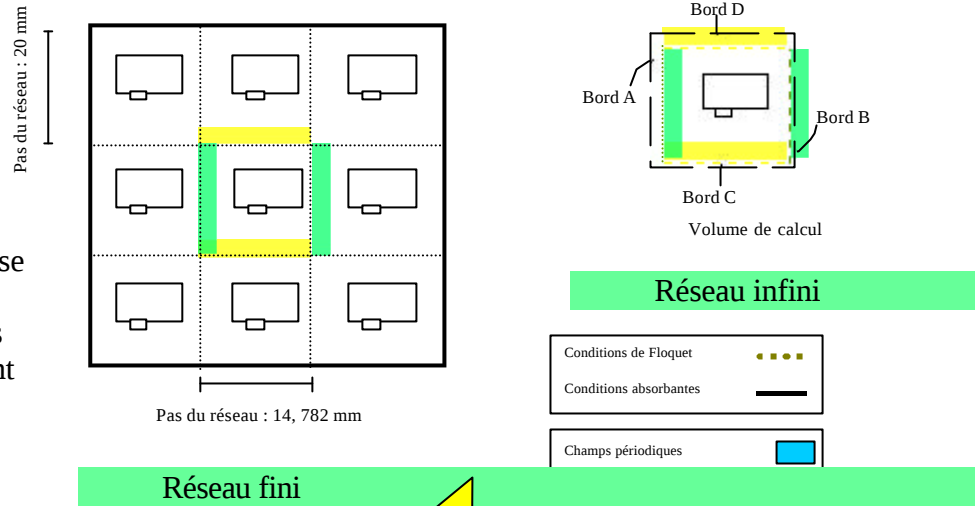
Influence sur le temps de calcul :

Intérêt de la simulation de type réseau infini : le temps de calcul est 7 à 8 fois inférieur au temps de calcul du réseau fini de 7 antennes.

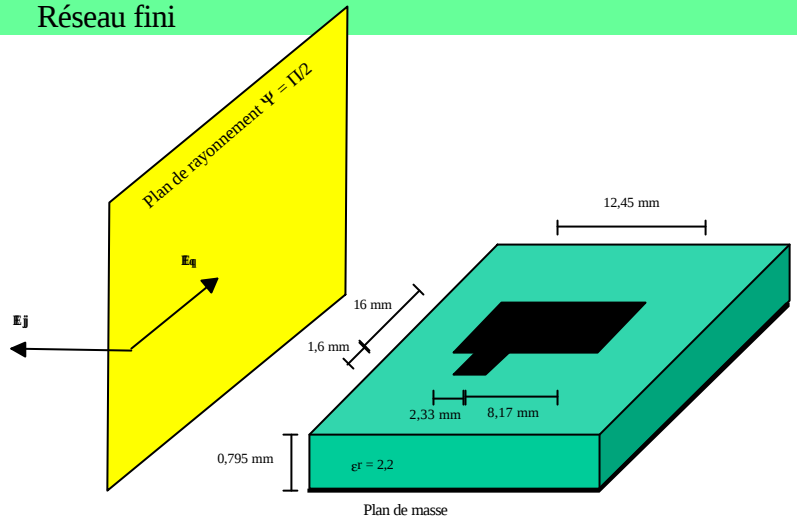


Cas du réseau plan :

La simulation du réseau infini utilise les champs, **connus**, situés une période spatiale avant sur les bords A et C pour calculer respectivement les champs sur les bords B et D.



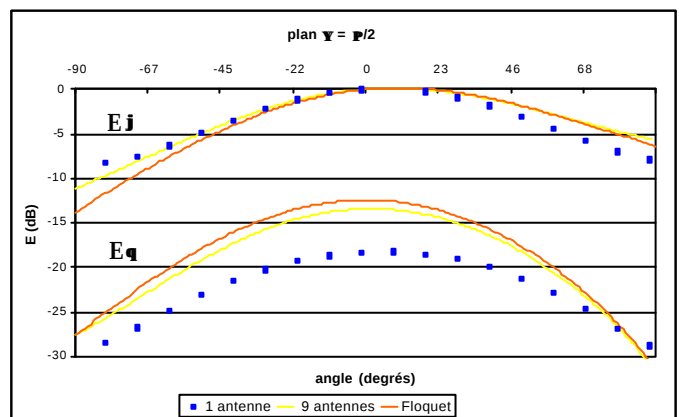
Antenne utilisée :



Résultats :

Diagramme de rayonnement obtenu à la fréquence de résonance (7,4 GHz).

L'accord entre le réseau infini et sous-réseau de 9 éléments est très bon bien que l'environnement de la source élémentaire soit limité à ses voisins immédiats.



Influence sur le temps de calcul :

Réduction du temps de calcul d'un facteur supérieur à 9 par rapport au réseau fini de 9 éléments.

Conclusion et perspectives :

- L'application des conditions de Floquet dans un code FDTD a été évaluée sur différentes configurations de réseaux d'antennes.
- Les résultats sont en bon accord avec les simulations de réseaux réels de grande taille.
- Le gain en temps de calcul pour la simulation d'un réseau infini est très intéressant par rapport au temps de calcul pour un réseau fini de grande taille.
- Le traitement doit être généralisé pour permettre la prise en compte de réseaux d'antennes alimentés avec une certaine loi de phase.