

Sonde de champ proche pour la détection de la composante longitudinale du champ électrique dans le domaine térahertz



Ronan Adam, Jean-Paul Guillet, Annick Pénarier, Philippe Nouvel, Laurent Chusseau

Institut d'Electronique du Sud, UMR CNRS 5214

Université Montpellier 2, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

E-mail : ronan.adam@ies.univ-mont2.fr



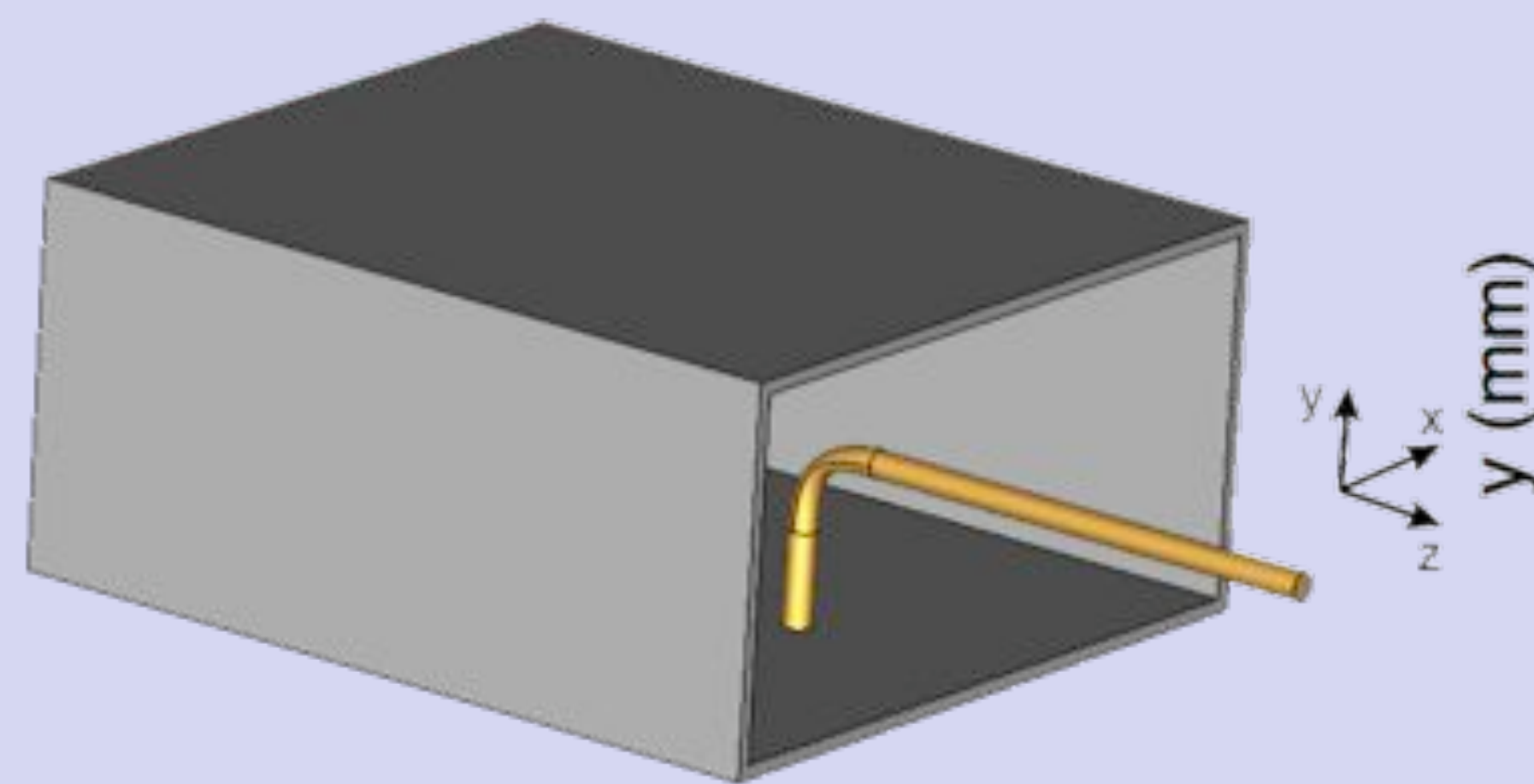
Introduction

La faible résolution des microscopes classiques aux fréquences THz due à la diffraction et à la dimension relativement importante des longueurs d'onde (300 μm à 1 THz), est un handicap important dans le développement des applications d'imagerie. La plupart des expériences actuelles de **microscopie champ proche THz** s'appuient sur l'utilisation d'une pointe diffusante. Ces techniques permettent d'atteindre des résolutions submicroniques, mais pour de **l'imagerie sélective en polarisation**, il est nécessaire d'utiliser des matériaux optiques non linéaires. L'**utilisation** moins fastidieuse de **sondes ou de micro-antennes capables de discriminer les 3 composantes du champ électrique** s'avère plus prometteuse.

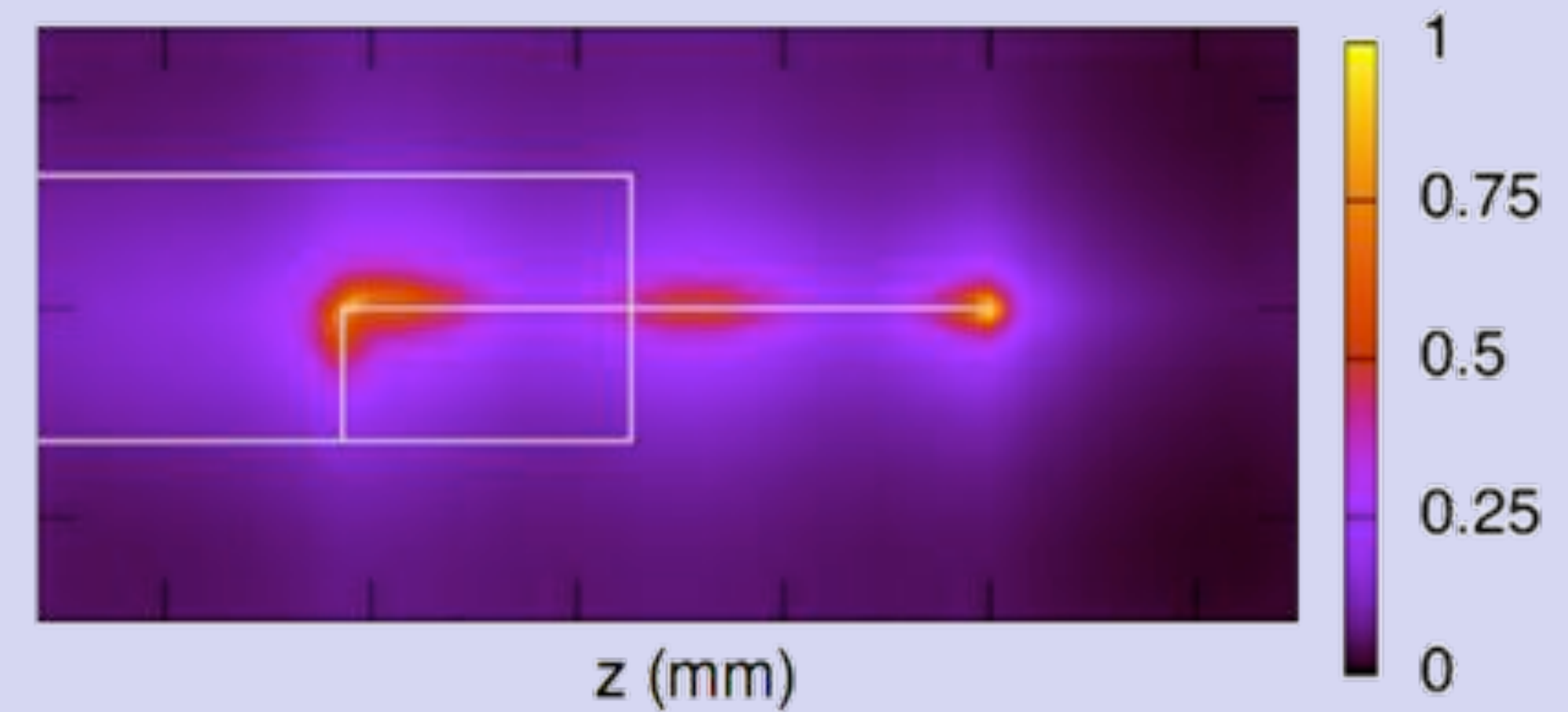
Architecture et fonctionnement de la sonde

- Partie sensible de cette sonde : fil métallique de diamètre sub-longueur d'onde.
- Un mode radial TM_{01} (onde de Sommerfeld) peut se propager sur le fil.
- A l'extrémité du fil le champ se replie et est majoritairement polarisé longitudinalement.
- Excitation du mode de Sommerfeld grâce à un guide d'onde rectangulaire métallique.

Schéma

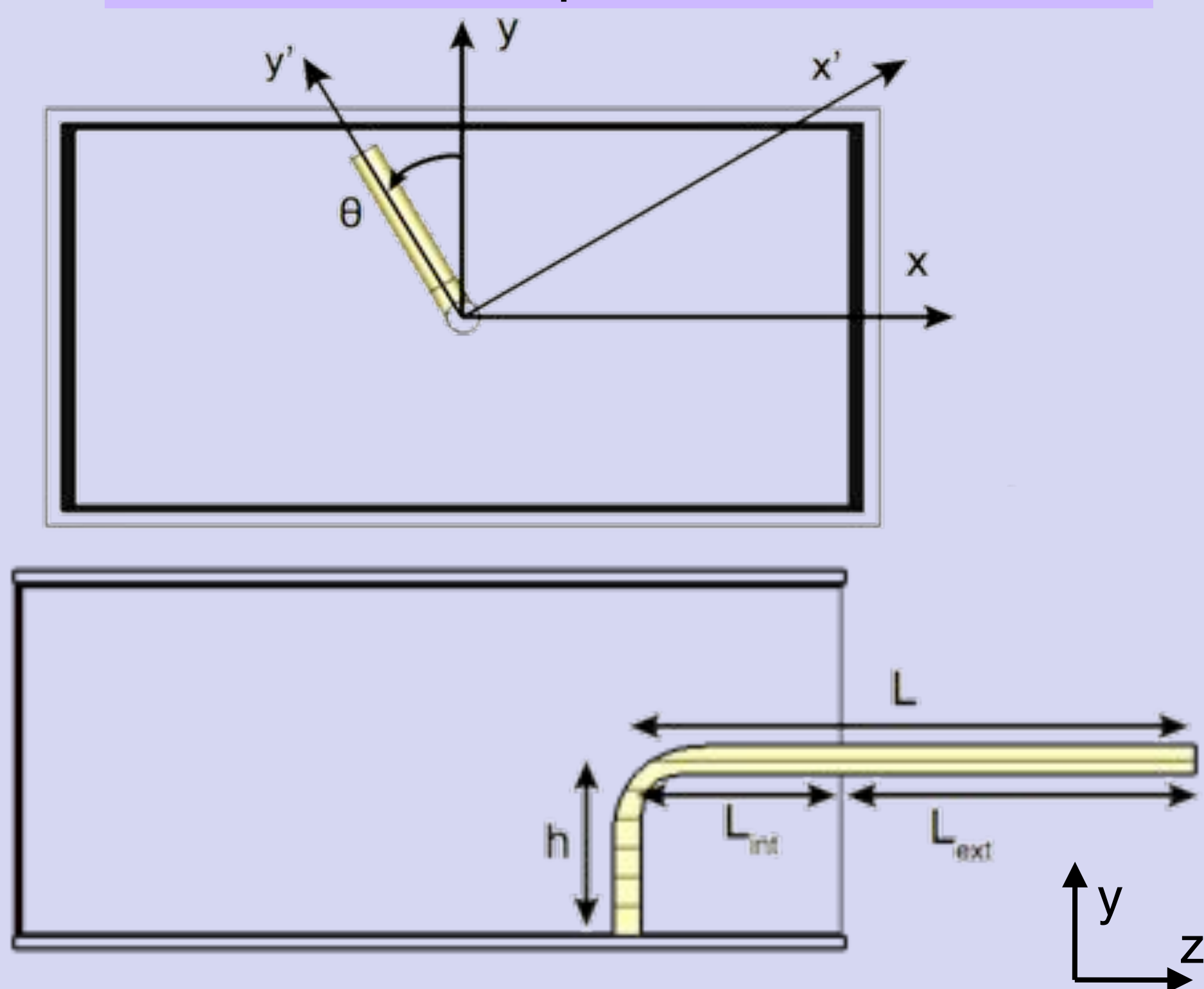


Simulation Numérique (E_{rec}^2)

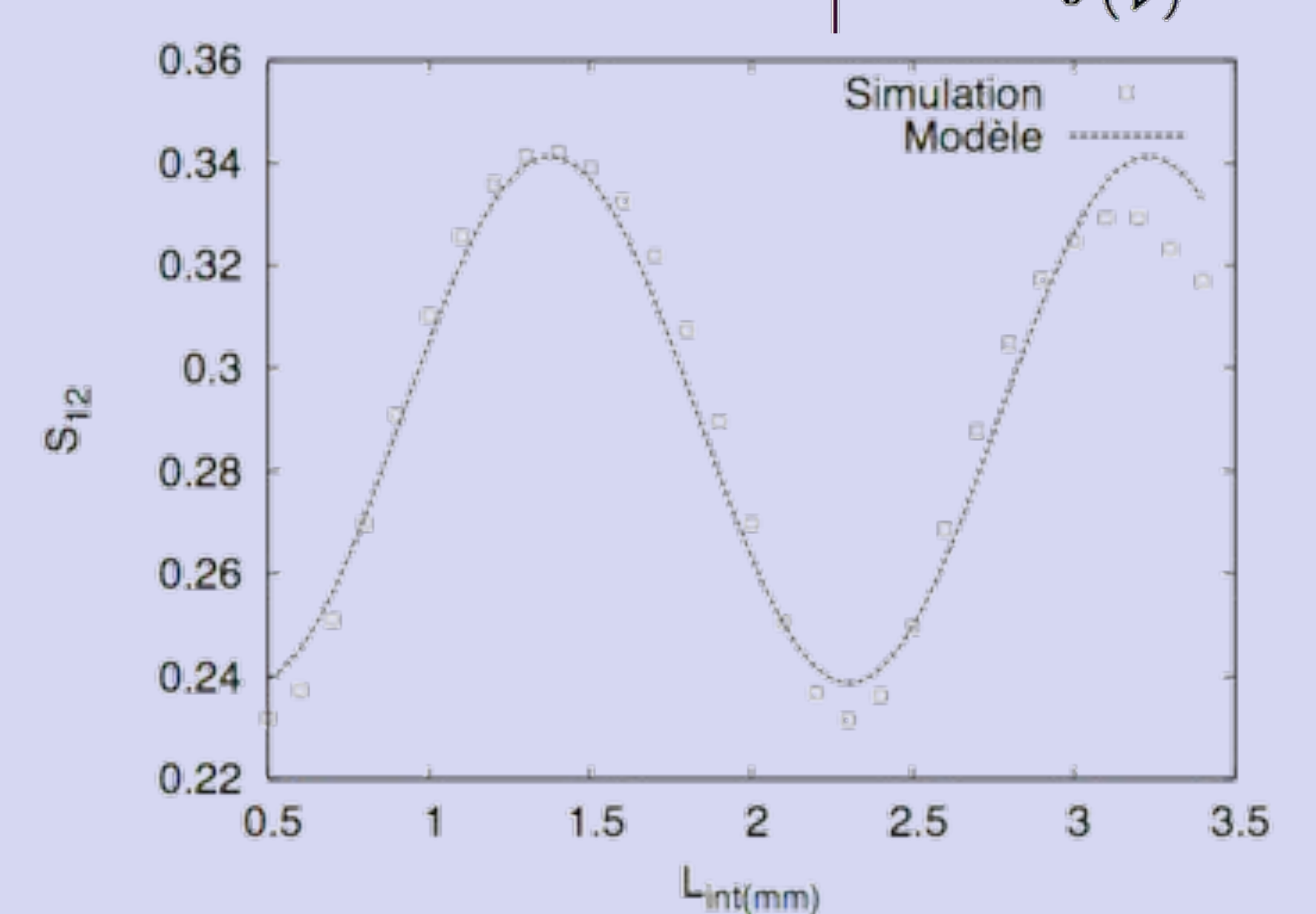
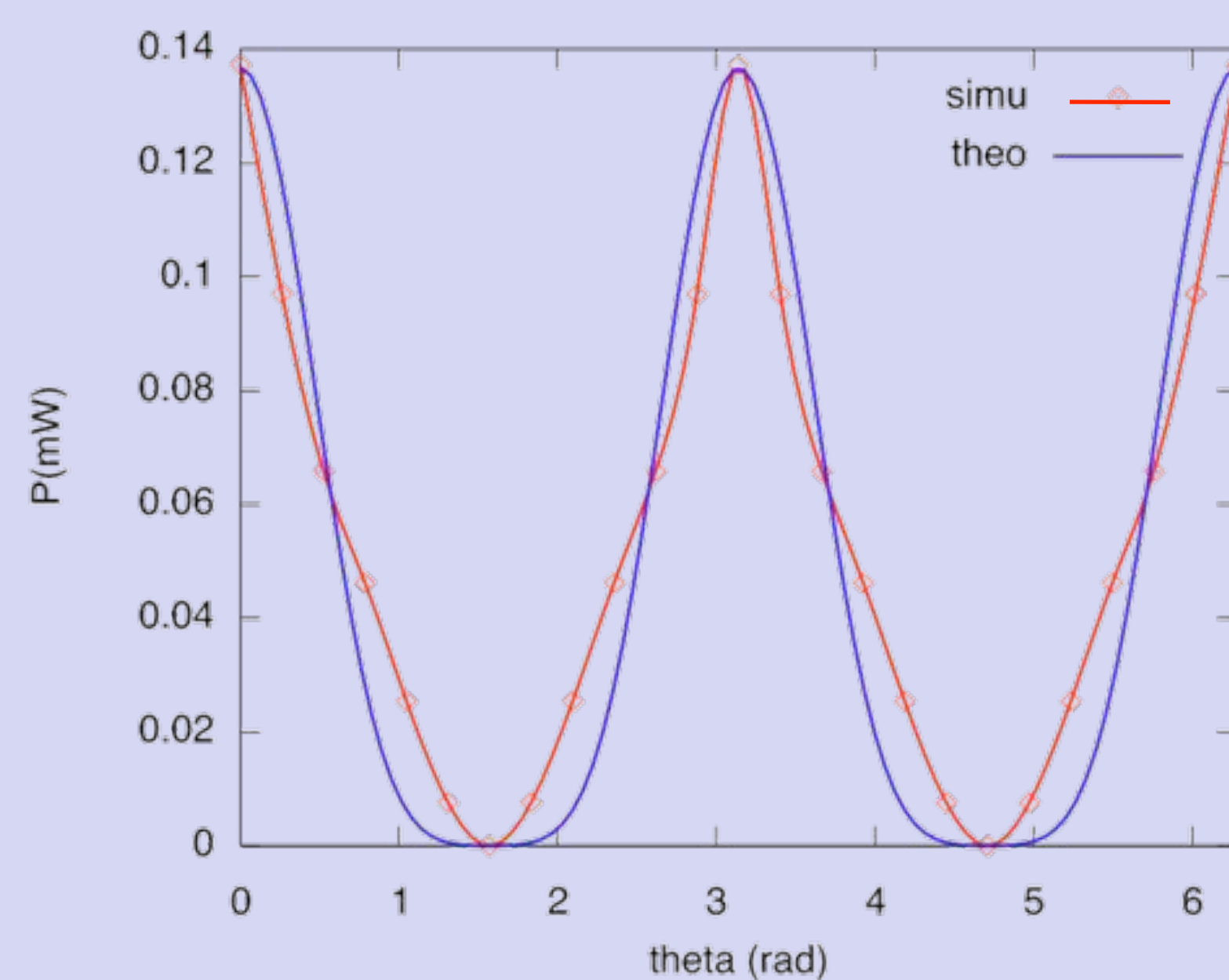


Optimisation du couplage du mode fondamental dans le guide au mode radial le long du fil

Paramètres de positionnement du fil



- Efficacité de couplage du mode de Sommerfeld au mode TE_{01} : $C = \left| \frac{Z_{\text{TE}_{01}}}{2} \int_{(V)} \vec{J} \cdot \vec{E} dV \right|^2$



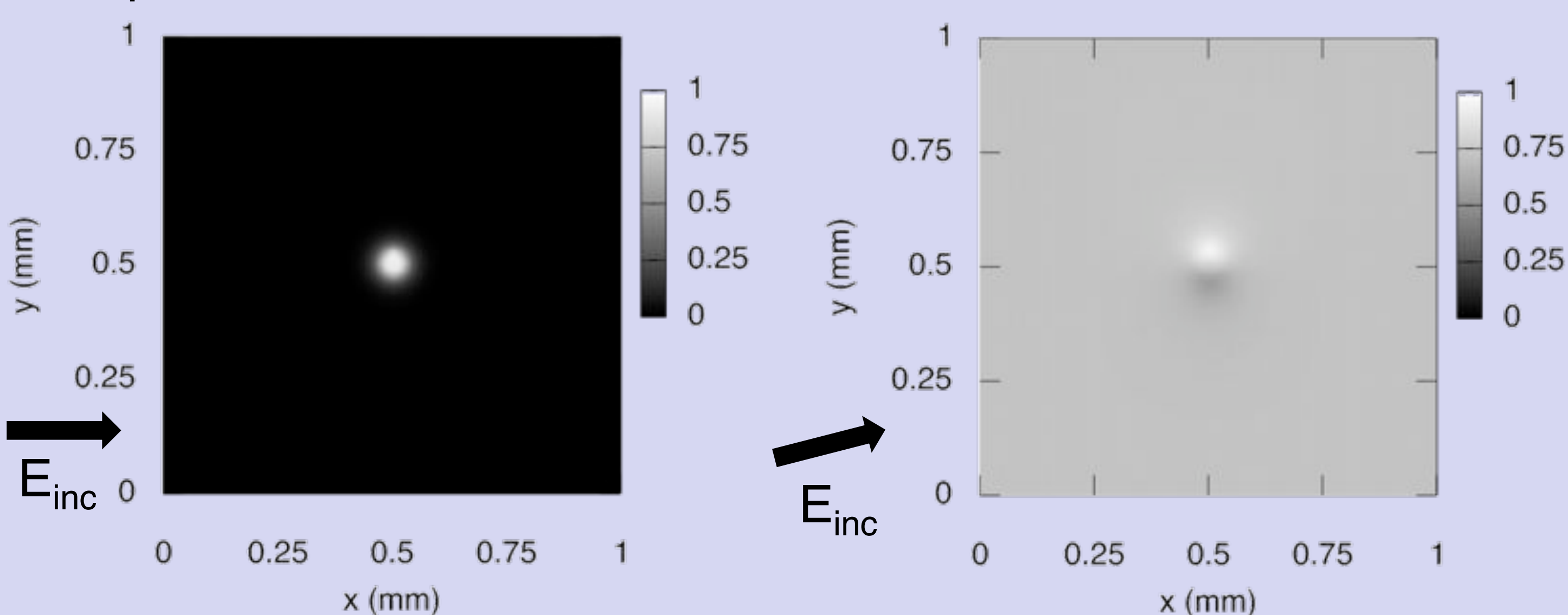
- Bon accord entre simulation et calcul analytique

Détermination de la réponse impulsionnelle de la sonde

- La puissance captée par le détecteur grâce à la sonde peut s'écrire : $P_{\text{det}} \propto \int_{(S)} \frac{\partial \vec{E}_{\text{rec}}}{\partial z} \cdot \vec{E}_{\text{exp}} dS$ [Porto et al. JAP vol. 88 p. 4845, 2000].
- La fonction $\vec{g} = \frac{\partial \vec{E}_{\text{rec}}}{\partial z}$ est la réponse impulsionnelle de la sonde et caractérise son comportement en polarisation et en résolution.
- Grâce à cette réponse impulsionnelle, il est possible de tracer « théoriquement » les images d'échantillons simples.

Image d'une source ponctuelle

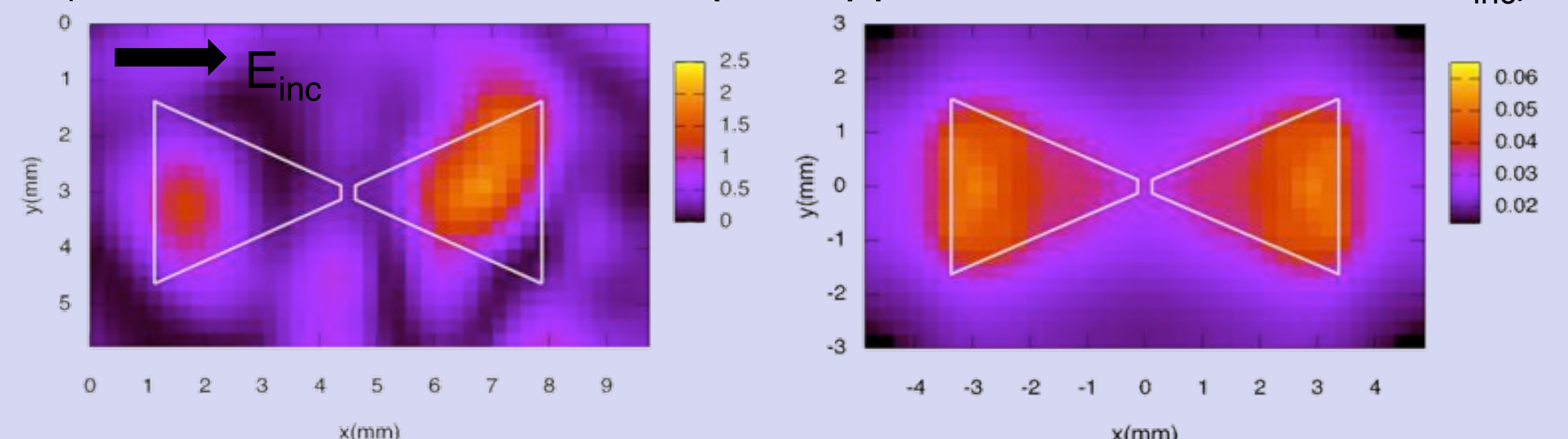
Influence d'un champ lointain polarisé transversalement sur la formation de l'image d'une source ponctuelle polarisée suivant z. Pour la première image, le champ lointain E_{inc} est polarisé selon x, et pour la seconde il est tourné de 10° :



- Phénomène d'éblouissement par un champ lointain

Démonstration expérimentale

Cartographie champ proche du champ E_z rayonné par une antenne bow-tie (la sonde est tournée de 90° par rapport au faisceau incident E_{inc}) :



Expérience

Simulation

- Bon accord entre l'expérience et la simulation
- Détection de la composante longitudinale du champ électrique

Conclusion

- Développement d'une **sonde de champ proche** capable de détecter la **composante longitudinale** du champ électrique dans le **domaine térahertz**.
- **Optimisation** du fonctionnement, **caractérisation** du comportement en terme de **polarisation** captée et **résolution** grâce au calcul d'une **réponse impulsionnelle**.
- Première **démonstration expérimentale concluante**.
- Un nouveau processus d'excitation du mode de Sommerfeld peut être envisagé et améliore grandement la qualité de la sonde [Adam, JAP vol.106, 2009].