

Optimisation d'une lentille de Fresnel entièrement diélectrique pour des applications micro-ondes en champ proche

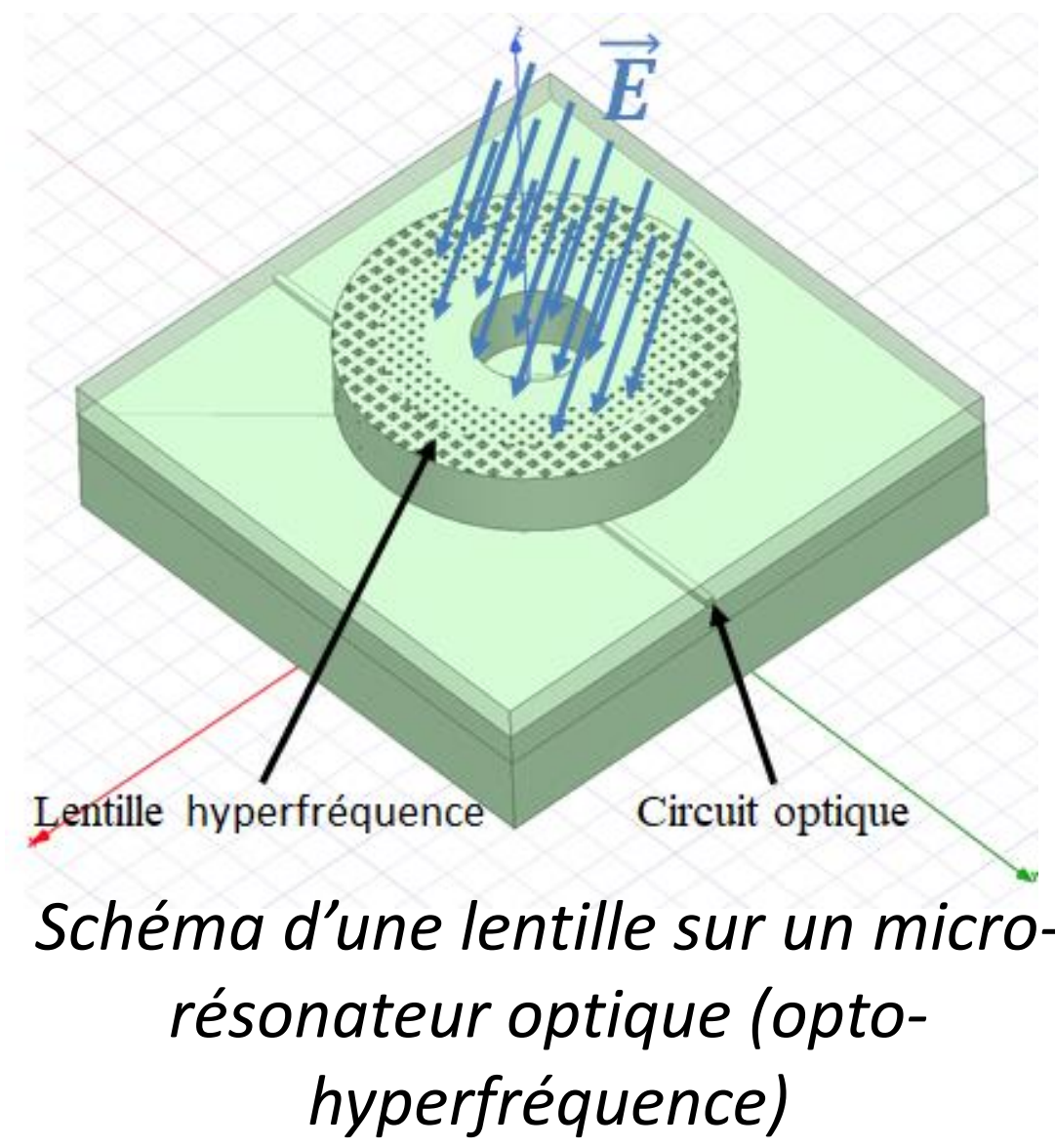
C. Vong, A. Maalouf, A. Martin-Guennou, V. Laur, P. Laurent, Université de Brest, Lab-STICC, UMR 6285, CNRS, 29200 Brest, France

Applications des lentilles

- ❖ Antennes (télécommunications, radar, radiométrie, ...)
- ❖ Imagerie médicale
- ❖ Traitement par hyperthermie
- ❖ Système opto-hyperfréquence

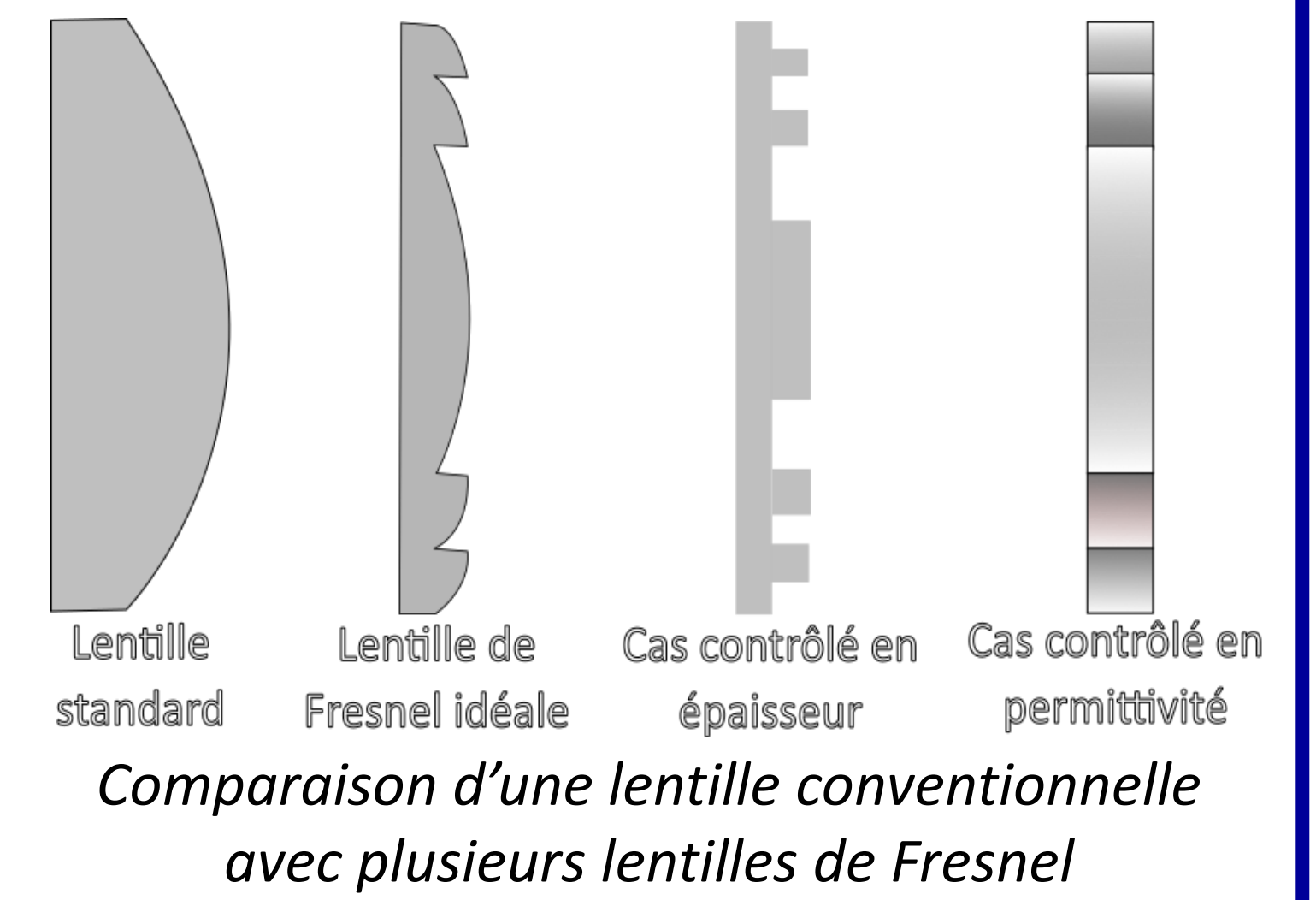
Caractéristiques recherchées

- ❖ Compacité / Légèreté
- ❖ Gain / Bande passante
- ❖ Possibilité de fabrication additive



Choix de la lentille de Fresnel

- ❖ Fort gain / Compacité importante
- ❖ Gain comparable à ouverture égale aux lentilles conventionnelles
- ❖ Fabrication additive possible



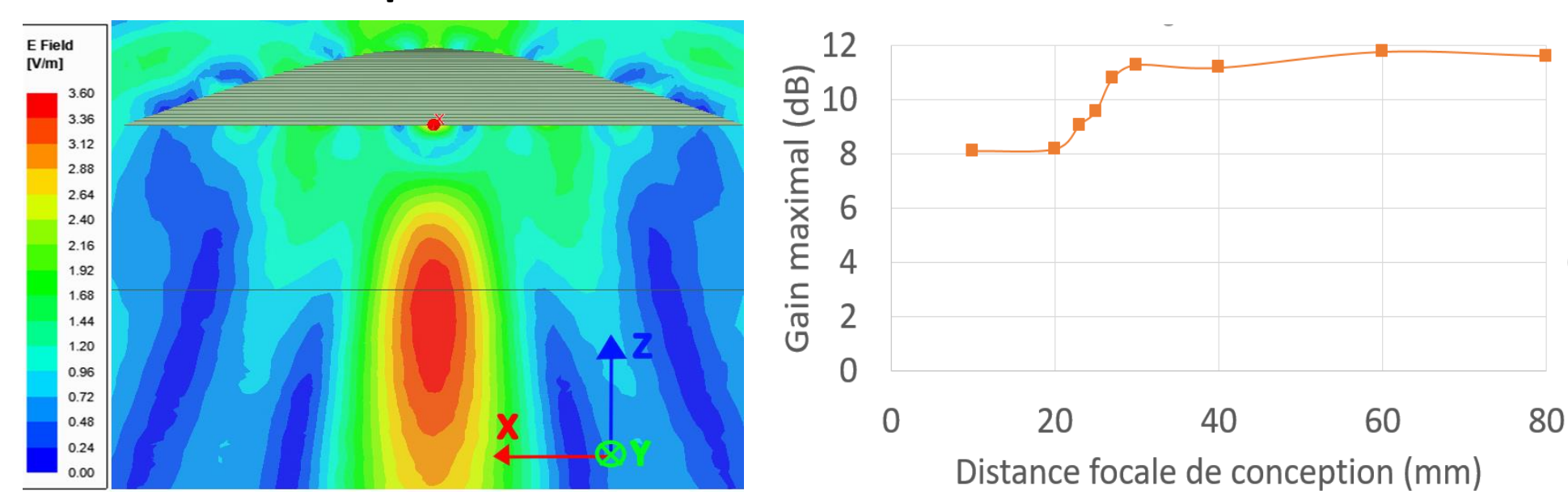
Fonctionnement

- ❖ Lentille diffractive (interférences constructives au point focal)

Etude de l'influence de différents paramètres sur le gain de la lentille de Fresnel

Gain, fréquence et distance focale

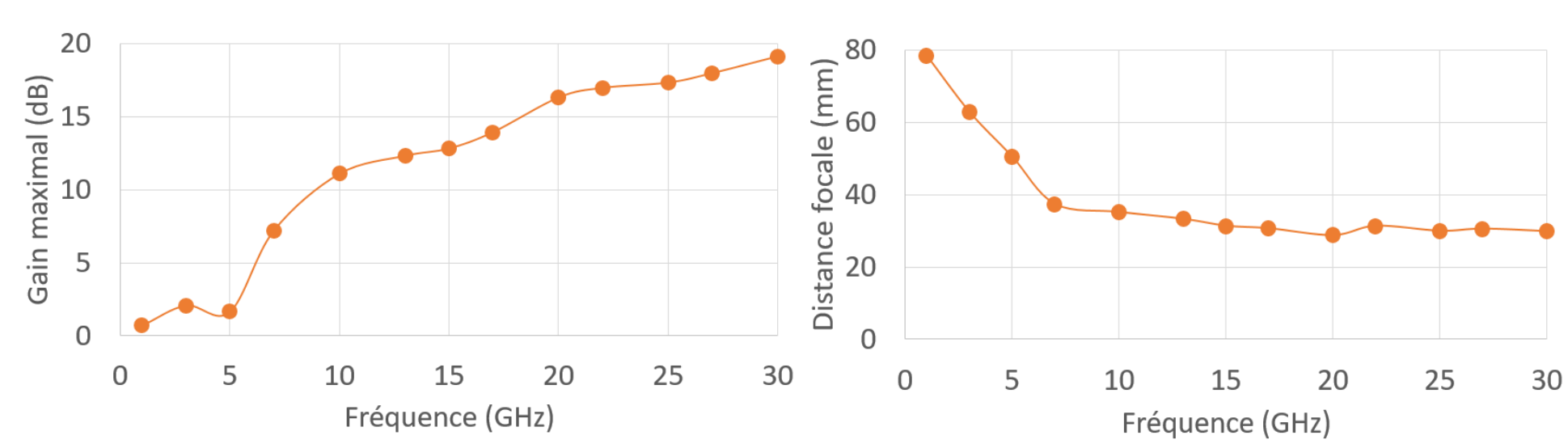
- ❖ Choix de la distance focale la plus faible possible pour limiter l'encombrement mais problème de limite de réfraction en fonction de la fréquence.



Evolution du gain maximal en fonction de la distance focale de conception à 10 GHz

Analyse du chromatisme

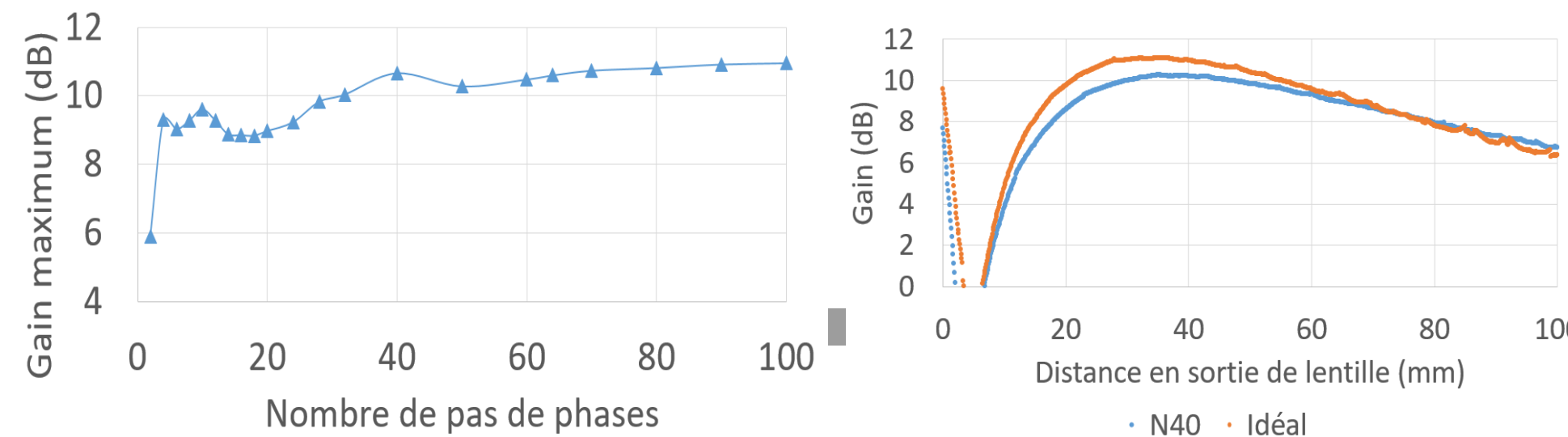
- ❖ Augmentation de fréquence \Rightarrow Stabilisation de la distance focale et augmentation du gain.



Evolution du gain (à gauche) et de la distance focale (à droite) avec la fréquence

Nombre de sauts de phase par zones

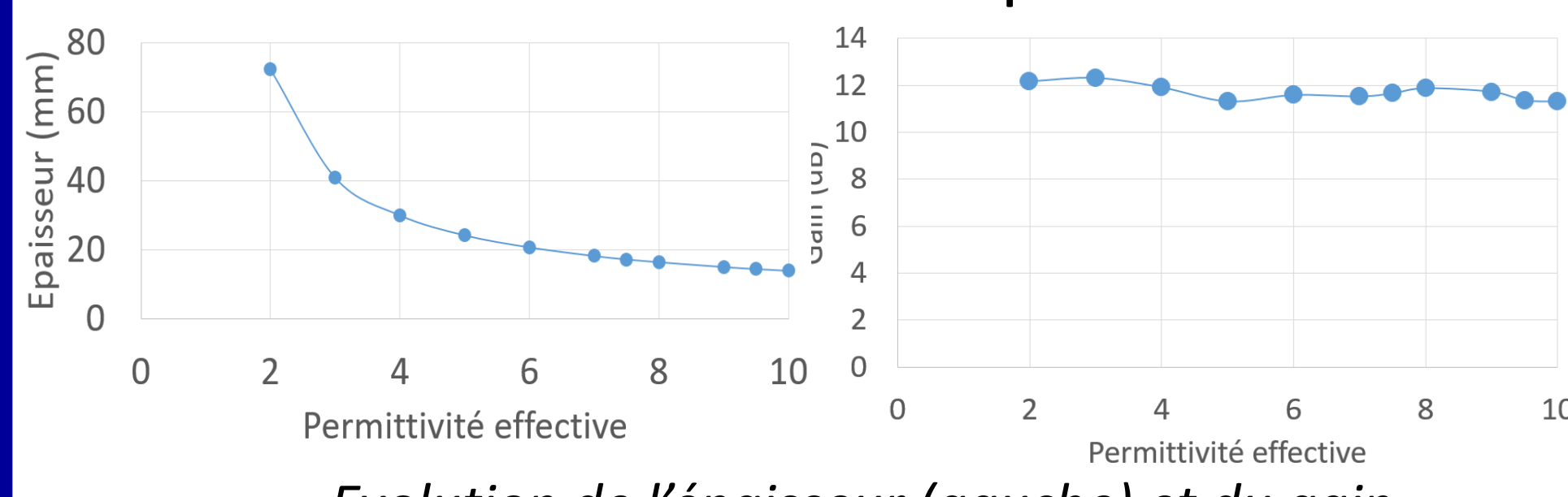
- ❖ Gain meilleur si proche du cas continu
- ❖ Profil continu quasi-accessible en impression si correction de la phase en épaisseur



Evolution du gain avec le nombre de sauts de phase et comparaison avec le cas continu

Permittivité du matériau

- ❖ Choix d'une permittivité importante pour la lentille car le rapport gain/épaisseur est défavorable pour les faibles permittivités
- \Rightarrow Utilisation de couches d'adaptation.



Evolution de l'épaisseur (gauche) et du gain (droite) en fonction de la permittivité

Couches d'adaptation d'impédance

- ❖ Adaptation avec couches quart d'onde.
- ❖ $\epsilon_{adapt} = \sqrt{\epsilon_{lentille}\epsilon_0}$ et $h_{adapt} = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{adapt}}}$

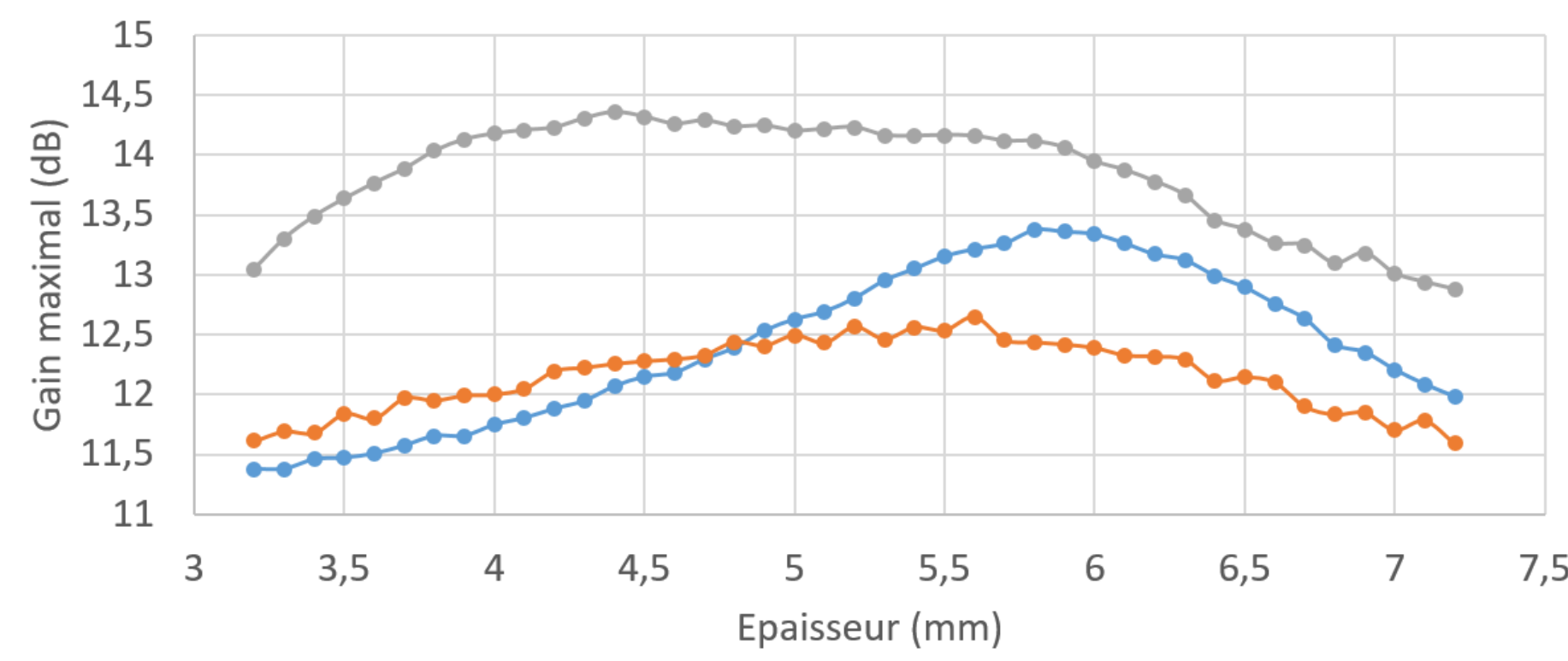
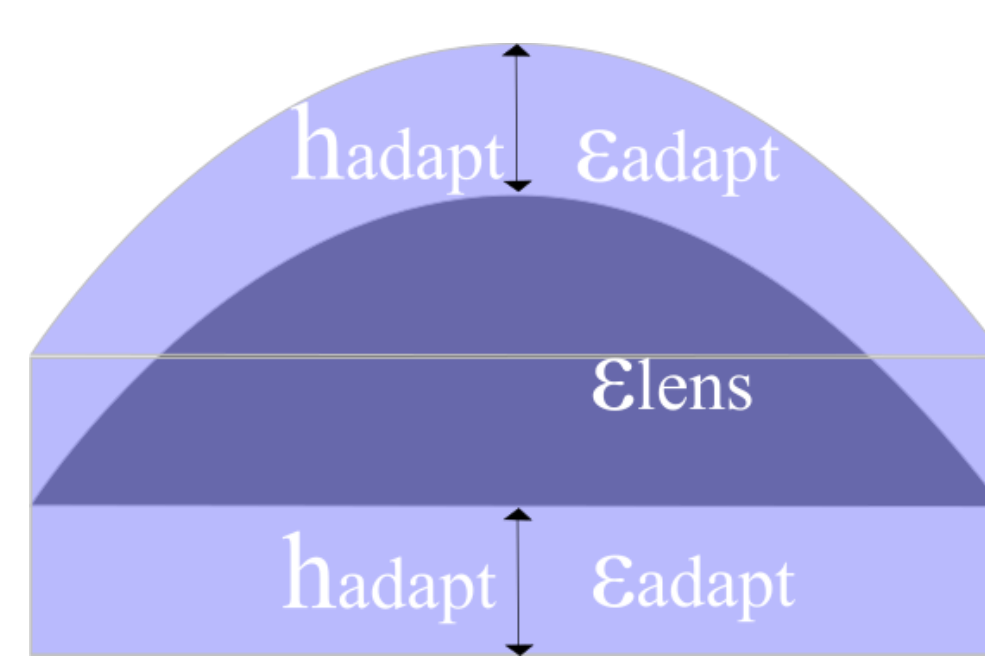
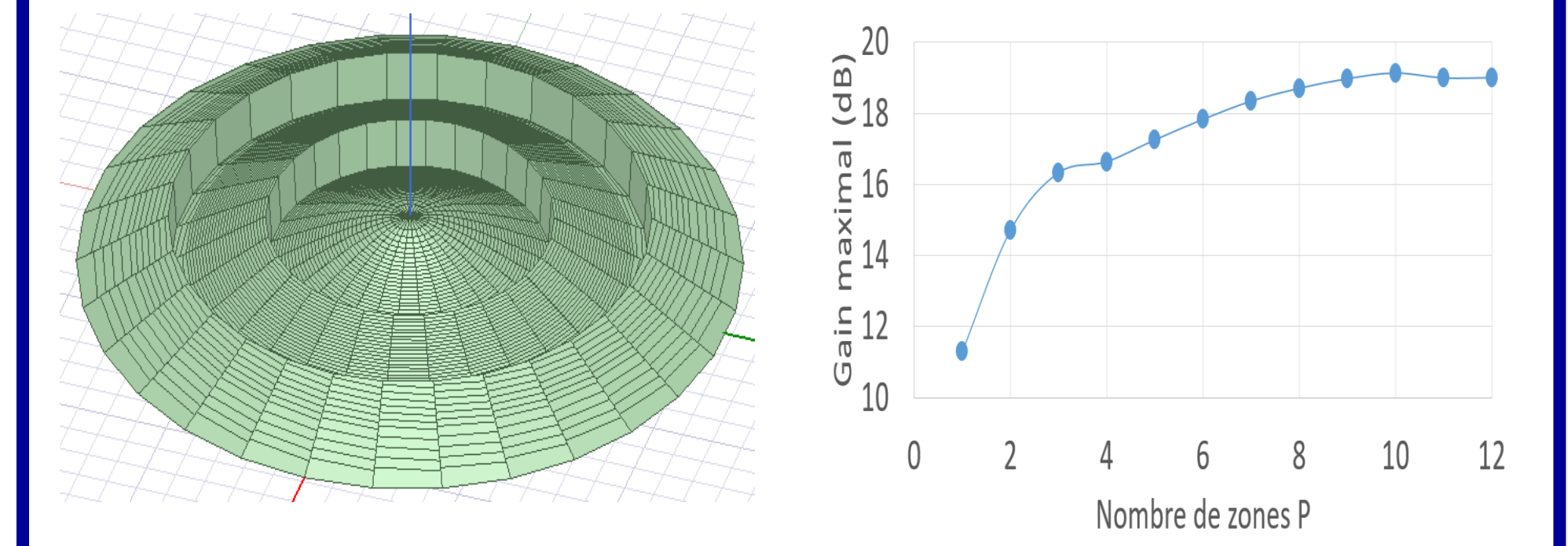


Schéma d'une lentille avec 2 couches d'adaptation et évolution du gain en fonction des épaisseurs d'adaptation

- ❖ Légère augmentation de l'épaisseur par rapport à $h_{adapt} \Rightarrow$ légère amélioration du gain (14,4 dB) pour 8,8 mm.

Nombre de zones

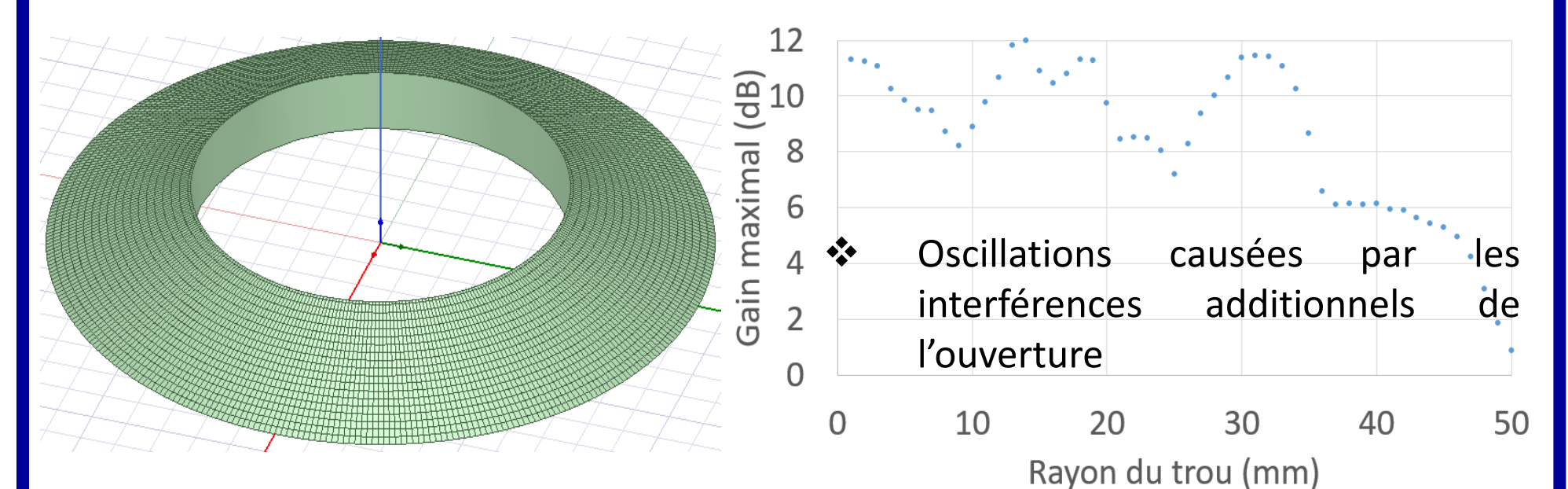
- ❖ Chaque zone supplémentaire augmente le gain mais aussi le rayon d'environ une longueur d'onde
- ❖ Convergence vers un maximum d'environ 19 dB



Modèle et évolution du gain avec le nombre de zones

Influence d'un trou au centre

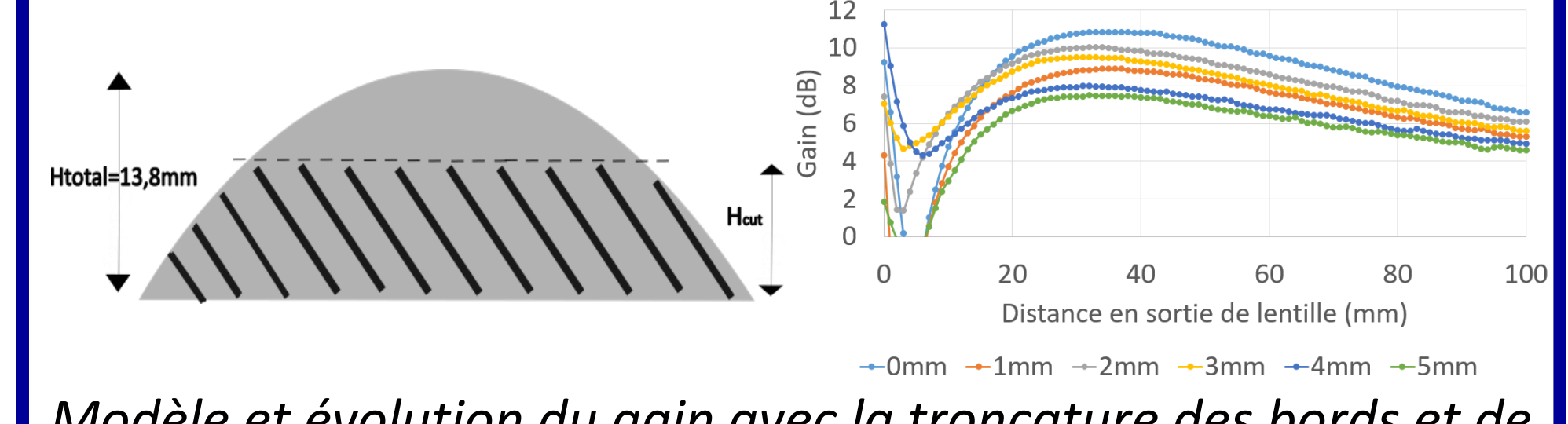
- ❖ Possibilité de réduire le poids sans perdre en gain pour différentes tailles de rayons centraux dans la lentille



Modèle et évolution du gain avec le rayon d'un trou au centre de la lentille

Influence d'une troncature

- ❖ Diminution de 1 dB si réduction d'épaisseur de 2 mm (ou 3 dB pour réduction de 4 mm)



Modèle et évolution du gain avec la troncature des bords et de l'épaisseur de la lentille

Fabrication, Mesures et Perspectives

- ❖ Fabrication : Par impression 3D
- ❖ Imprimante : 3ntrA2
- ❖ Matériaux :
 - ❖ PREPERM ABS 1000 pour la lentille
 - ❖ PLA pour les couches d'adaptation.

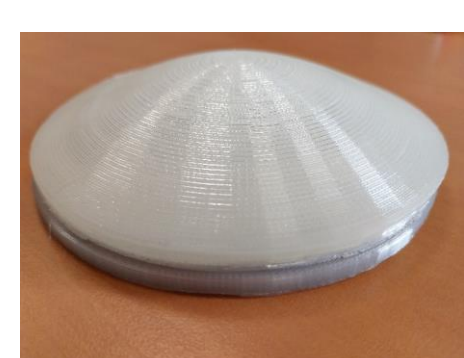
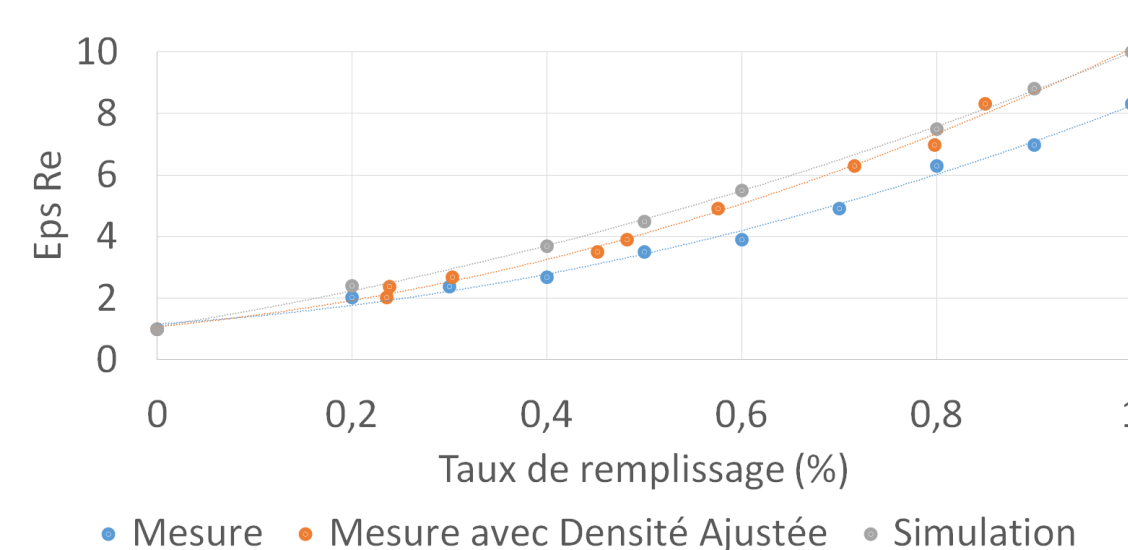
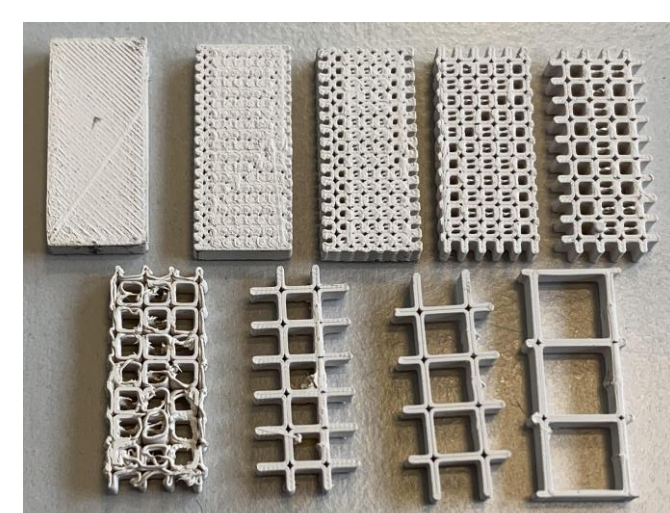


Photo de la lentille et des couches d'adaptation imprimées

- ❖ Mesures : Nécessité de créer des zones avec différentes permittivités effectives
- \Rightarrow Utilisation de cavités d'air.



Caractérisation EM en fonction du taux de remplissage

- ❖ Perspectives : Mesures en champ proche

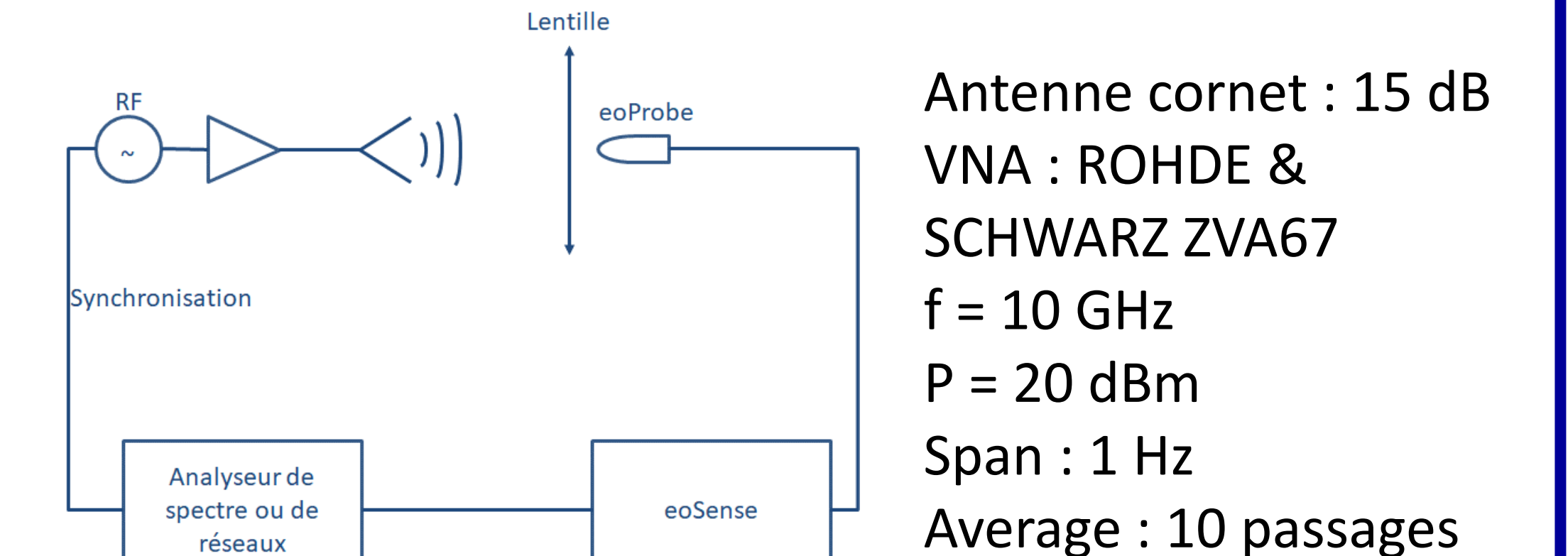


Schéma de principe du banc de mesure

Antenne cornet : 15 dB
VNA : ROHDE & SCHWARZ ZVA67
f = 10 GHz
P = 20 dBm
Span : 1 Hz
Average : 10 passages