

Impact de l'accumulation de pluie sur le radôme de véhicule

Wafa Farah¹ (Maîtrise en ingénierie) et Pr. Chan-Wang Park¹

¹Département de Mathématiques, d'informatique et de Génie, Université du Québec à Rimouski

Problématique

Au Canada, les conditions hivernales extrêmes peuvent altérer, voire désactiver les radars automobiles en raison de l'accumulation d'eau sur les radômes, posant un risque direct pour la sécurité humaine et révélant un besoin urgent de compréhension et d'innovation technologique.

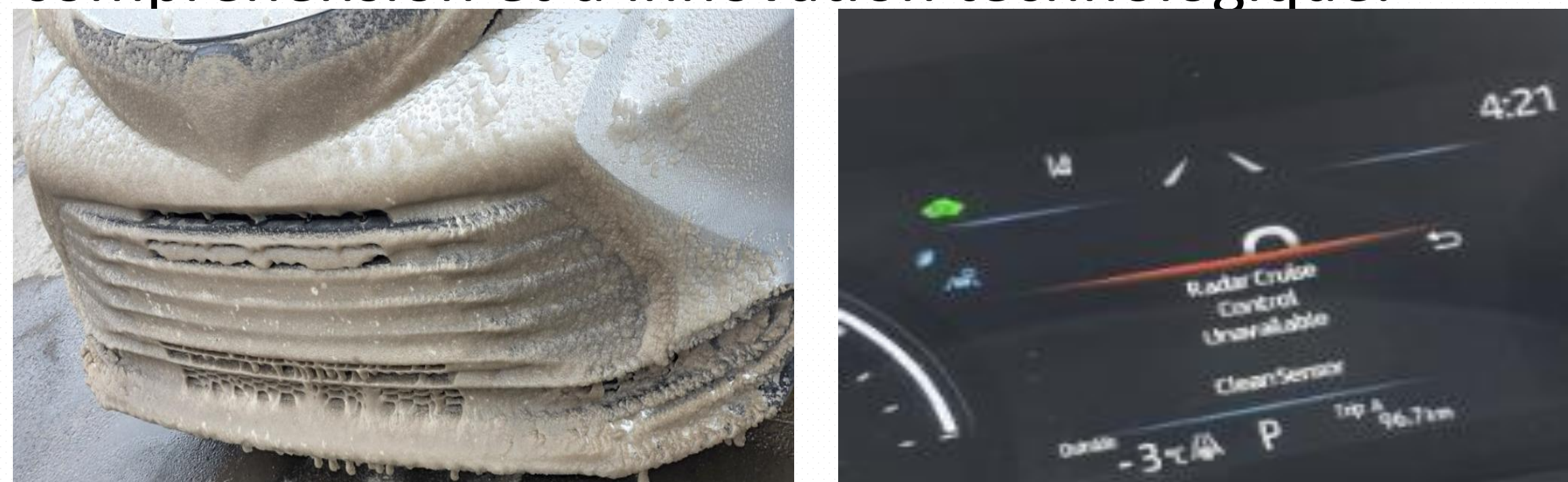


Figure 1 : dégradation des performances du radar due à l'accumulation de neige

Objectifs

Quantifier de manière fiable l'impact de l'accumulation de la pluie sur les radômes automobiles afin de favoriser le développement de solutions technologiques innovantes.

Hypothèse

- **Radar automobile:** Long-Range Radar (LRR)
- **Fréquence de fonctionnement :** 77 [GHz] (fréquence des radars automobiles actuels)
- **Application :** Régulateur de vitesse adaptatif (ACC)
- **Portée maximale :** 250 m.
- **Position du radar :** Monté à l'avant du véhicule, derrière le radôme.
- **Conditions étudiées :** Présence d'une couche d'eau sur le radome. (température : 20 °C, pression: 979,7 hPa et densité de vapeur d'eau : 12,65 g/m³).



Figure 2: Propagation du signal radar en milieu pluvieux

Méthodologie utilisée

Étudier les propriétés diélectriques de la pluie en modélisant sa permittivité.

Étudier la propagation des ondes dans un système multicouche : air-radôme-fine couche d'eau-air.

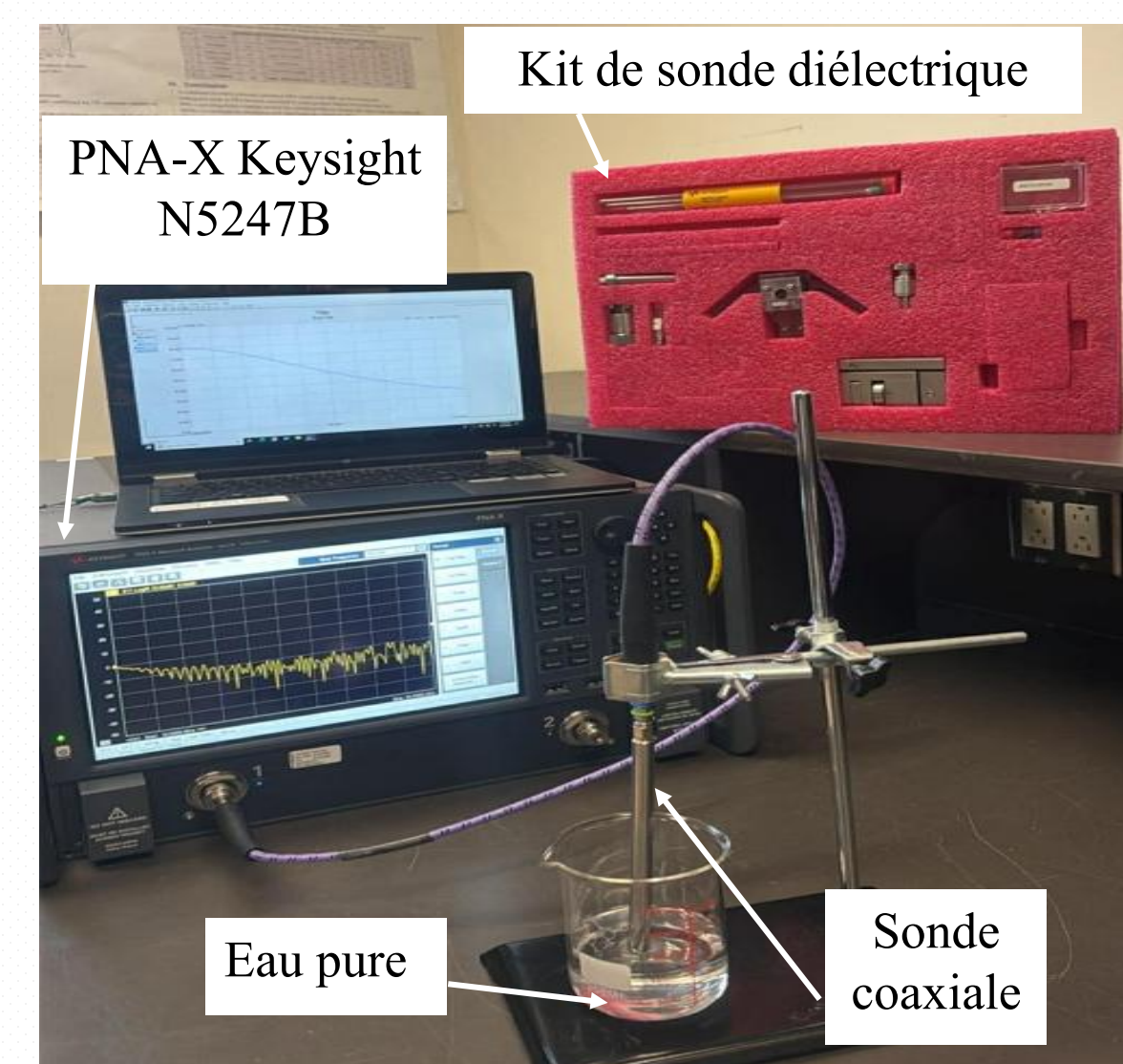
Intégrer les paramètres clés du radôme (matériau, épaisseur, distance antenne-radôme).

Valider l'approche par un modèle théorique, des simulations sous Ansys HFSS et des mesures expérimentales.

Quantifier l'atténuation du signal radar due à la présence d'une fine couche d'eau sur le radôme.

Mesures

Mesure de la permittivité



Propagation d'onde dans un système multicouche

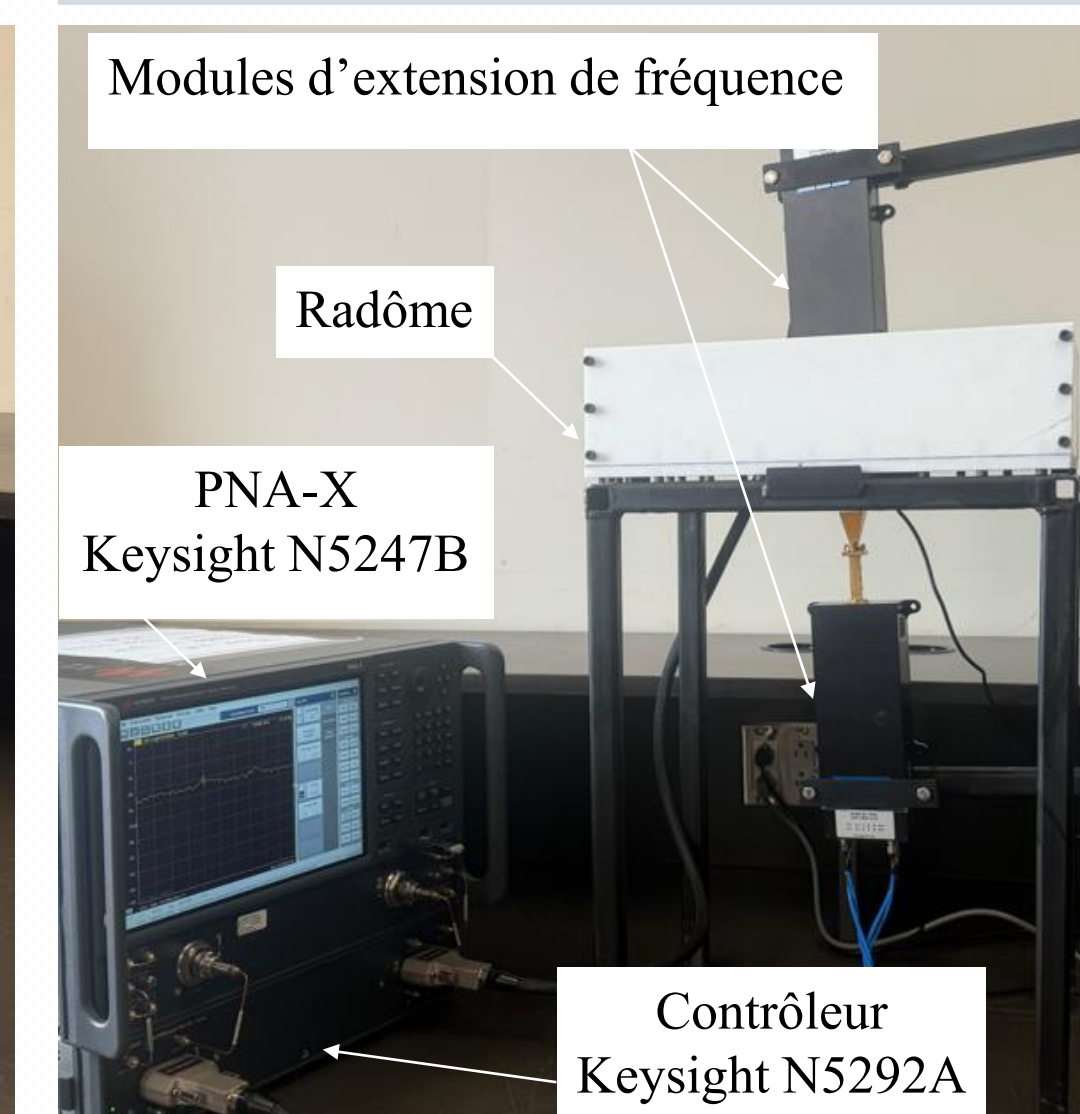


Figure 3 : Propagation du signal radar en milieu pluvieux

Résultats

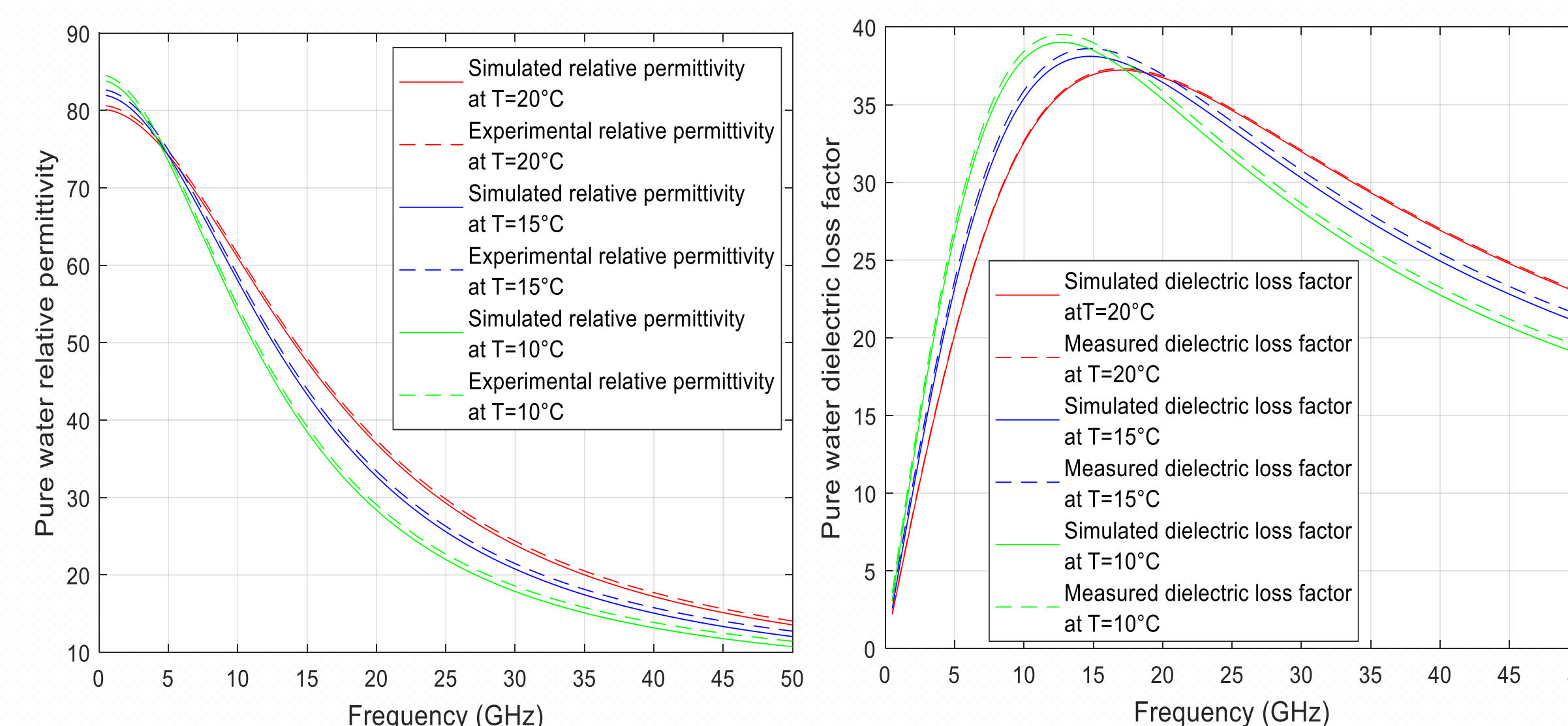


Figure 4 : Permittivité diélectrique : simulation vs mesure

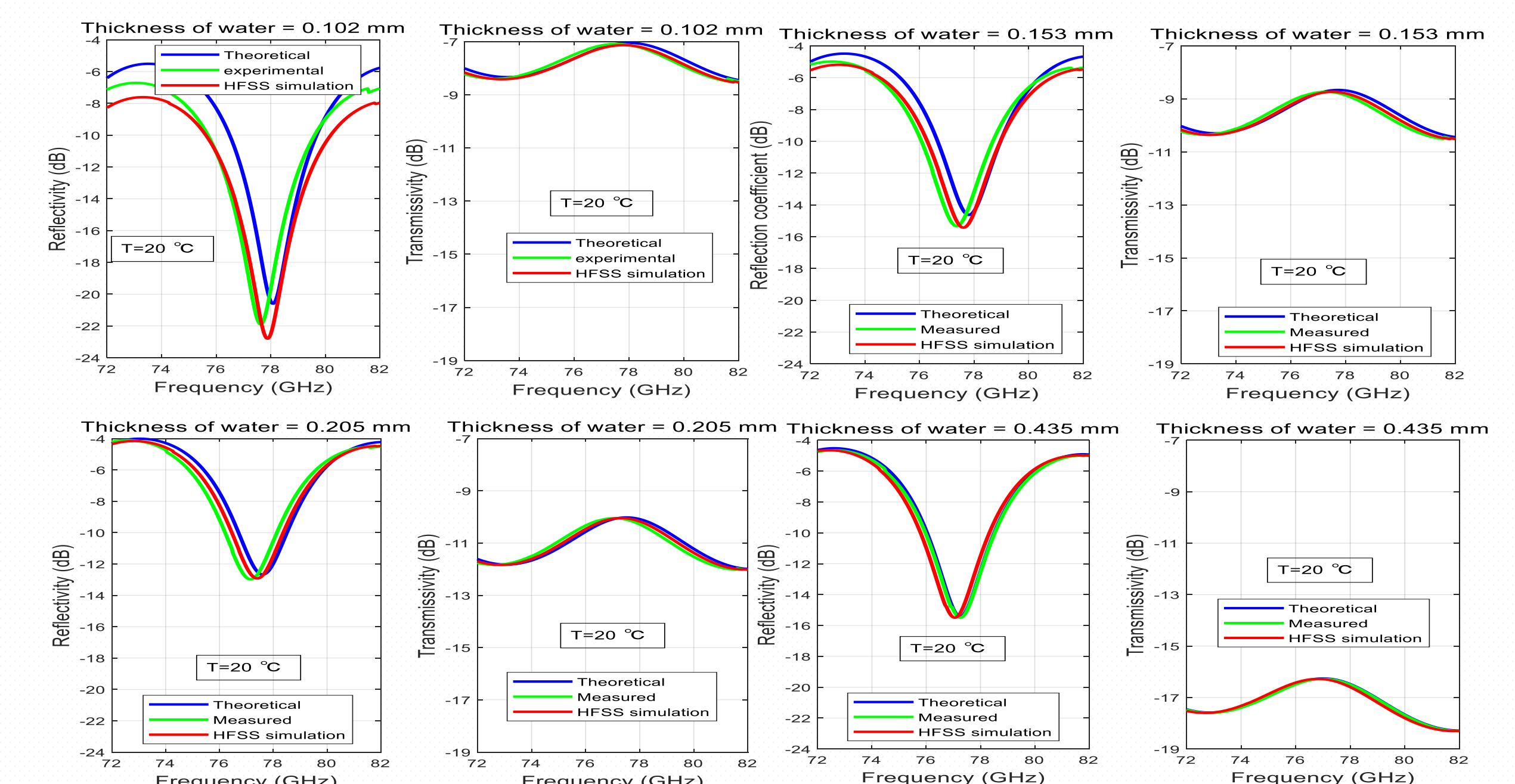


Figure 5: Réflectivité et transmissivité en fonction de l'épaisseur de la couche d'eau (théorie, simulation, mesure)

Conclusion

Fréquence : 77 GHz	Perte en aller-retour (dB)
Scénario 1 : Atténuation en espace libre, atmosphérique et due à un radôme idéal.	167.347
Scénario 2 : Atténuation en espace libre, atmosphérique, due à un radôme idéal et à la pluie (épaisseur d'eau = 0 mm, intensité de pluie de 25 mm/h)	173.050
Scénario 3 : Atténuation en espace libre, atmosphérique, due à un radôme idéal, à la pluie et à un film d'eau (épaisseur du film d'eau = 0,8 mm, intensité de pluie de 25 mm/h).	224.716

Publications

[1] W. Farah and C. W. Park, "Modeling and Experimental Validation of Rain Permittivity for Automotive Radar," accepté, Conférence canadienne IEEE sur l'ingénierie électrique et informatique (CCECE 2026)

[2] W. Farah and C. W. Park, "FMCW Autonomous Radar Sensor Signal Degradation Caused by Thin Water Layer in Radome", Soumi, IEEE Sensor Journal.