

# Modélisation du canal de propagation Terre-Espace en bandes Ka et Q/V: synthèse de séries temporelles, variabilité statistique et estimation de risque

Soutenance de thèse de *Xavier Boulanger*

Vendredi 15 Mars à 10h00

Auditorium de l'ONERA  
2 Avenue Édouard Belin  
31000 Toulouse

## Jury

Mme Françoise Carvalho, CNES Toulouse, France	(invité)
Mme Danielle Vanhoenacker-Janvier, Université Catholique de Louvain, Belgique	(rapporteur)
M. Michel Bousquet, ISAE Toulouse, France	(directeur de thèse)
M. Laurent Castanet, ONERA Toulouse, France	(invité)
M. Hector Fénech, Eutelsat Paris, France	(examineur)
M. Laurent Féral, Université Paul Sabatier Toulouse, France,	(directeur de thèse)
M. Boris Grémont, Université de Portsmouth, Royaume-Uni	(rapporteur)
M. Henri Sauvageot, Université Paul Sabatier Toulouse, France	(examineur)

## Abstract

Les bandes de fréquences utilisées conventionnellement pour les systèmes fixes de télécommunication par satellites (bandes C et Ku i.e. 4-15 GHz) sont congestionnées. Néanmoins, le marché des télécommunications civil et de défense accuse une demande de plus en plus importante en services multimédia haut débit. Par conséquent, l'augmentation de la fréquence porteuse vers les bandes Ka et Q/V (20-40/50 GHz) est activement étudiée. Pour des fréquences supérieures à 5 GHz, la propagation des signaux radioélectriques souffre de l'atténuation troposphérique. Parmi les différents contributeurs à l'affaiblissement troposphérique total (atténuation, scintillation, dépolarisation, température de bruit du ciel), les précipitations jouent un rôle prépondérant. Pour compenser la détérioration des conditions de propagation, des techniques de compensation des affaiblissements (FMT: Fade Mitigation Technique) permettant d'adapter en temps réel les caractéristiques du système en fonction de l'état du canal de propagation doivent être employées. Une alternative à l'utilisation de séries temporelles expérimentales peu nombreuses est la génération de séries temporelles synthétiques d'atténuation due à la pluie et d'atténuation totale représentatives d'une liaison donnée.

Le travail de recherche est organisé autour de cinq articles. La première contribution est dédiée à la modélisation temporelle de l'affaiblissement troposphérique total. Le deuxième article porte sur des améliorations significatives du modèle de génération de séries temporelles d'atténuation due à la pluie recommandée par l'UIT-R. Les trois contributions suivantes constituent une analyse critique et une modélisation de la variabilité des statistiques du 1<sup>er</sup> ordre utilisées lors des tests des modèles de canal. La variance de l'estimateur statistique des distributions cumulatives complémentaires de l'atténuation due à la pluie et de l'intensité de précipitation est alors mise en évidence. Un modèle à application mondiale paramétré au moyen de données expérimentales est proposé. Celui-ci permet, d'une part, d'estimer les intervalles de confiance associés aux mesures de propagation et d'autre part, de quantifier le risque en termes de disponibilité annuelle associée à la prédiction d'une marge de propagation donnée. Cette approche est étendue aux variabilités des statistiques jointes. Elle permet alors une évaluation statistique de l'impact des techniques de diversité de site sur les performances systèmes, tant à micro-échelle (quelques kms) qu'à macro-échelle (quelques centaines de kms).

## Key words

Systèmes de Communication par Satellites, Canal de propagation, Atténuation, Statistiques du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordres, Variabilité Inter-annuelle, Intervalle de Confiance, Estimation de Risque.