

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : LE SPECKLE DYNAMIQUE POLARISE : CADRE THEORIQUE POUR LA SIMULATION ET LES TRAITEMENTS DU SIGNAL ASSOCIE

Référence : **TIS-DTIS-2025-36**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01-10-2025

Date limite de candidature : 01-05-2025

Mots clés imagerie
speckle dynamique, simulation, traitement du signal, statistiques, polarimétrie

Profil et compétences recherchées

Ingénieur.e généraliste, Universitaire Master Recherche,
goût pour le transdisciplinaire, informatique (Python : gdal, geopandas, pytorch ...), traitement du signal et des images

Lorsqu'un laser cohérent illumine une surface et qu'une caméra capte le signal rétrodiffusé, on obtient une image de speckle, résultant des interférences destructives ou constructives des différents éléments diffusants de la surface ou du volume imagés. On obtient le même genre d'images à l'aide d'une antenne radar lorsqu'elle image des surfaces naturelles terrestres avec des longueurs d'onde de quelques centimètres au mètre.

Le speckle dynamique est une technologie permettant d'imager un mouvement ou une "activité". Lorsque les diffuseurs sont en mouvement, le motif de speckle voit ses propriétés fluctuer, et le contraste peut être ainsi relié au temps de décorrélation du champ : c'est la technique LSCI (Laser Speckle Contrast Imaging), qui vise à réaliser des images de **mouvements**. L'Onera a déposé un brevet récemment avec le CNRS pour l'utilisation d'un polariseur croisé en réception. Ce filtre a pour objectif d'améliorer la profondeur des phénomènes observés, en favorisant les interactions multiples et en atténuant les diffusions du premier ordre en surface. La nouvelle technique associée, baptisée LSOCI (Laser Speckle Orthogonal Contrast Imaging), a permis d'améliorer la qualité des images obtenues, notamment sur la microcirculation cutanée du corps humain. Mais d'autres champs applicatifs sont envisagés, notamment sur le sondage des écoulements en soufflerie, et sur la circulation de la sève des feuilles, l'inspection de matériaux avec effets de corrosion, évaporation des peintures, etc.

En radar, les séries temporelles de speckle dynamique existent également. Récemment, l'Onera a proposé des algorithmes permettant d'imager des activités naturelles ou anthropiques, via le contraste de speckle dynamique, le même paramètre que celui qui est utilisé en LSCI [Colin, 2020]. Les applications de cette technologie radar sont nombreuses : l'étude des séries temporelles d'images de speckle permettent le suivi des dynamiques, la détection de changements, la détection d'anomalies (feu de végétation, présence d'un véhicule sous la végétation)

Par ailleurs, la nature cohérente de la source permet aussi une analyse sur les polarisations de l'onde réceptionnée et des propriétés de dépolarisation des surfaces imagées.

Malgré ces potentiels et le regain d'intérêt récent pour ces technologies en progrès un certain nombre de difficultés apparaissent, en lien avec notre manque de recul sur la compréhension physique des phénomènes, mais aussi en raison du manque de cadre théorique propre pour traiter ces signaux.

En effet la littérature regorge de différents paramètres utilisés [Pandiselvam 2020] :

- Contraste de speckle, calculé spatialement ou temporellement
- Historique des signaux enregistrés et matrice de co-occurrence
- Analyse spectrale
- Autocorrélation temporelle
- Indice de Fujii
- Différences généralisées
- Analyse spatiale et temporelle d'une surface 3D
- « Motion History »

Mais aucun consensus n'existe sur les préconisations d'emploi d'une de ces différentes méthodes.

Récemment, l'Onera a proposé une première extension de la notion du contraste temporel de speckle au cas polarimétrique [Colin 2023]. Mais en dehors de ces travaux, nous n'avons pas trouvé dans la littérature de cadre de traitement pour traiter des signaux dynamiques polarimétriques.

Cette thèse vise à combler cette lacune en proposant une approche complète pour les signaux de speckle dynamique polarisés. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Développer un cadre de modélisation permettant de générer des signaux de speckle dynamique polarisés en fonction des paramètres d'acquisition et des vitesses en jeu.
- Réaliser une étude statistique approfondie de ces signaux pour mieux comprendre leurs caractéristiques.
- Examiner les propriétés mathématiques des différents paramètres utilisés dans la littérature.
- Explorer les possibilités d'extension de ces traitements au cas polarimétrique.

Colin Koeniguer, E., & Nicolas, J. M. (2020). Change detection based on the coefficient of variation in SAR time-series of urban areas. *Remote Sensing*, 12(13), 2089.

Pandiselvam, R., Mayookha, V. P., Kothakota, A., Ramesh, S. V., Thirumdas, R., & Juvvi, P. (2020). Biospeckle laser technique—A novel non-destructive approach for food quality and safety detection. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 1-13.

Colin, E. (2023). The speckle contrast extended to the polarimetric case: applications to radar and Laser images. *arXiv preprint arXiv:2306.05441*.

Collaborations envisagées

Collaboration envisagée avec le LPICM

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département d'Information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Elise Colin

Tél. : 01 80 38 65 70 Email : elise.colin@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : OSSIKOVSI Razvigor

Laboratoire : LPICM

Tél. :

Email :

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>