

Stage de Master 2 Recherche

Titre du stage : Analyse multifractale de la température de surface d'un couvert végétal

Les systèmes dynamiques présents dans la nature sont souvent caractérisés par une structure spatio-temporelle complexe avec de fortes irrégularités impliquant différentes échelles spatiales. La température instantanée de surface d'un couvert végétal fait partie de ces systèmes complexes exhibant une forte variabilité spatio-temporelle en lien notamment avec la turbulence de l'atmosphère. Cette variabilité est particulièrement contraignante pour l'interprétation des images infra-rouges thermiques (IRT) qui seront prises dans le cadre des futures missions spatiales HypIRI (NASA, USA) ou THIRSTY (CNES en coopération avec la NASA et plus récemment l'ISRO en Inde). Elle doit donc être quantifiée afin d'évaluer dans quelle mesure les mesures IRT aux échelles de résolution envisagées (60-80 m) seront représentatives de températures de surface moyennes (Lagouarde et al. 2015).

La turbulence au sommet d'un couvert végétal est intermittente, en lien avec la pénétration occasionnelle de fortes rafales de vent dans le couvert (Dupont et Patton, 2012). Cette turbulence est dépendante de la stabilité thermique de l'atmosphère. En condition instable (milieu de journée par beau temps), la turbulence est essentiellement d'origine thermique et est caractérisée par de grosses structures convectives de taille comparable à l'épaisseur de la couche limite atmosphérique alors qu'en condition neutre (début de journée), la turbulence est essentiellement mécanique avec des structures allongées dans la direction du vent, de taille comparable à la hauteur du couvert. Les composantes de la vitesse du vent, et donc la température de surface, ne répondent pas à une distribution gaussienne. On ne peut donc pas uniquement s'intéresser au moment d'ordre 2 pour caractériser le comportement statistique des fluctuations de température de surface ; on doit aussi regarder les ordres supérieurs pour mieux caractériser les grandes fluctuations. Comparé aux méthodes statistiques standards se limitant au moment d'ordre 2 (spectre d'énergie, variogramme), l'analyse multifractale apparaît plus adaptée au caractère non-gaussien des fluctuations de température de surface d'un couvert.

Nous proposons ainsi d'aborder cette complexité de la température de surface au travers d'une analyse multifractale afin d'identifier l'existence d'une loi d'échelle. On s'attend à observer une invariance d'échelle sur une gamme d'échelles allant de la taille des principales structures turbulentes (qq 100 m) aux échelles de la végétation (qq m). L'existence d'une telle loi permettrait de quantifier statistiquement les fluctuations intra-pixel d'images satellites de température de surface. L'analyse multifractale pourra se faire à partir du Maxima du Module de la Transformée en Ondelettes (méthode MMTO, Arneodo et al. 1995) et/ou des coefficients dominants de la transformée en ondelettes (Wendt et al. 2009) de la température de surface. L'étudiant s'appuiera sur des températures de surface instantanées 2D d'un couvert de pins maritimes issues de simulations micrométéorologiques haute-résolutions et de mesures aéroportées. La loi d'échelle obtenue pour la température de surface pourra être comparée à celle obtenue pour les composantes de vitesse du vent au sommet du couvert, et suivant la stabilité thermique de l'atmosphère. In fine, cette analyse pourra déboucher sur le développement d'un modèle stochastique multifractal permettant d'augmenter fictivement la résolution du champ 2D de température, de manière similaire au modèle développé par Chainais et al. (2011) pour les images du Soleil.

L'originalité de ce stage est sa pluridisciplinarité entre analyse multifractale, turbulence, et physique de l'atmosphère. Pour aborder cette pluridisciplinarité, l'étudiant sera suivi par Sylvain Dupont (Directeur de Recherche INRA), spécialiste en micrométéorologie, et Alain Arneodo (Directeur de Recherche émérite CNRS), spécialiste en analyse multifractale.

Profil recherché

- Master recherche en mathématiques appliquées, physique
- Bonne maîtrise de la programmation sous Matlab
- Rigueur et organisation ; esprit d'initiative et créativité ; motivation pour la recherche

Encadrement

Responsable : Sylvain Dupont, Directeur de Recherche INRA, Unité mixte de recherche Interactions Sol-Plante-Atmosphère (ISPA), équipe Mécanique Environnementale.

Co-responsable : Alain Arneodo, Directeur de Recherche émérite CNRS, Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA), équipe Turbulence et Instabilité (T-IN).

Conditions pratiques

Le stage se déroulera au sein de l'UMR Interactions Sol-Plante-Atmosphère (ISPA) à l'INRA de Bordeaux (France). Cette unité offre un excellent environnement scientifique, inséré dans le Labex COTE et l'Idex de l'Université de Bordeaux. Elle est située sur le Centre INRA de Bordeaux, à quelques minutes du centre-ville de Bordeaux.

L'indemnité de stage sera de 554 € par mois.

Comment se renseigner et candidater ?

Tout(e) étudiant(e) intéressé(e) est invité(e) à envoyer son CV à Sylvain Dupont (sylvain.dupont at inra.fr).

Références :

Arneodo A., Argoul F., Bacry E., Elezgaray J., Muzy J.-F. (1995). Ondelettes, multifractales et turbulence : de l'ADN aux croissances cristallines, Diderot Editeur, Arts et Sciences, Paris.

Chainais P., Koenig E., Delouille V., Hochedez J.-F. (2011). Virtual Super Resolution of Scale Invariant Textured Images Using Multifractal Stochastic Processes. *J. Math. Imaging Vis.* 39, 28–44.

Dupont S., Patton E.G. (2012). Momentum and scalar transport within a vegetation canopy following atmospheric stability and seasonal changes: The CHATS experiment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, 5913-5935.

Lagouarde J.-P., Irvine M., Dupont S. (2015). Atmospheric turbulence induced errors on measurements of surface temperature from space. *Remote Sensing of Environment*, 168, 40-53.

Wendt H., Toux S.G., Jaffard S., Abry P. (2009). Wavelet leaders and bootstrap for multifractal analysis of images. *Signal Processing*, 89, 1100-1114.