

PROJET DE THESE pour l'ANNEE 2019-2020

IMPORTANT : Les étudiants titulaires de Master ou équivalent doivent envoyer leur dossier complet au porteur du projet de thèse et au laboratoire indiqué, et pas à l'Ecole Doctorale

Date limite de dépôt par le laboratoire du dossier du candidat sélectionné, à l'Ecole Doctorale :
le, mardi 25 juin 2018, 13h heure de Guyane.

Discipline et Mention du Doctorat		Discipline : Sciences et technologies Mention : Mathématiques
Domaine scientifique principal		Modélisation, Probabilité et statistiques
Domaines scientifiques secondaires		Sciences pour l'Ingénieur
Unités de rattachement - Unités adossés à l'ED : UMR EcoFoG, UMR Espace-Dev, UMR QualiSud, UMSR LEEISA, EA EPaT, EA MINEA, IPG)		UMR Espace-DEV
Autre Unité de rattachement de l'Université de Guyane (UG) ou convention en cours.		
Direction de la thèse	Directeur(s)	Laurent Linguet (Pr) - laurent.linguet@univ-guyane.fr
	Co-encadrant(s)	Lamboni matieyendou - matieyendou.lamboni@univ-guyane.fr (sans HDR)
Collaborations extérieures éventuelles envisagées (convention de codirection, - de cotutelle ; entreprise...)		
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant		Modélisation, probabilité et statistique, Dynamique des fluides, Ingénierie électrique, incertitude
Titre de la thèse		Méta-modélisation en vue d'améliorer les prévisions à court et moyen terme de l'éclairement solaire en Guyane
Résumé 1 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation explicite du projet de thèse – Aspects scientifiques <i>Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant</i>		Il s'agit d'améliorer la prédiction de l'éclairement solaire global en temps nuageux à l'aide du modèle météorologique WRF. Ce projet vise à i) mieux comprendre ce dernier à l'aide de méthodes d'exploration de modèles, ii) développer un méta-modèle de WRF moins coûteux en temps de simulations et en espace de stockage. Ce méta modèle permettra de tester un nombre considérable de scénarios, et ensuite d'injecter le scénario le plus plausible dans le modèle WRF

<p>Résumé 2 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation des enjeux de la thèse <i>Adéquation avec la politique scientifique de l'Etablissement - Intérêt de cette thèse dans le cadre du développement régional</i></p>	<p>Ce projet vise à se doter d'un outil numérique pour l'aide à la décision dans un environnement incertain de la production d'énergie solaire. Il s'inscrit dans une suite cohérente et nécessaire de projets de recherche entrepris par l'Université de Guyane pour se doter d'un outil robuste de prédiction de l'énergie solaire sur toute la Guyane. De ce fait, Il s'inscrit dans la thématique "énergies renouvelables" qui est l'un des axes prioritaires de la politique de recherche de l'UG..</p>

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse (½ page à 1 page environ, police Arial 10)

Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant

Le réchauffement climatique encourage le développement et l'utilisation des énergies renouvelables notamment l'énergie solaire ou éolienne. Il est intéressant, à long terme, que ces énergies puissent remplacer des énergies fossiles, et à court terme, que leur production soit moins incertaine pour subvenir au besoin des ménages. La demande énergétique en Guyane croît régulièrement du fait de la croissance démographique, et l'énergie solaire devient une ressource intéressante du fait i) de son coût de production de plus en plus faible, ii) de la volonté politique d'atteindre jusqu'à 76% de la part des énergies renouvelables à l'horizon 2023, iii) de la situation géographique de la Guyane. La sécurité énergétique des ménages passe par la réduction de l'incertitude inhérente à la production des énergies renouvelables dites "intermittentes". L'intégration dans le réseau électrique existant des quantités d'électricité issues des centrales solaires entraîne des problèmes d'intégrité et de stabilité du réseau.

Pour préserver le réseau électrique et assurer la sécurité énergétique des ménages, il est nécessaire de mieux prédire l'éclairement incident ou global sur un horizon allant jusqu'à 48h aussi bien en temps nuageux que clair.

Le modèle WRF est un modèle de prévision météorologique mésophyllé, et il décrit des phénomènes physiques influençant la variation de l'éclairement solaire au sol à l'échelle du kilomètre. Il est utilisé pour prévoir l'éclairement solaire incident à l'échelle planétaire sur un horizon compris entre 12 et 48h. Les prédictions de l'éclairement solaire incident en Guyane à l'aide du modèle WRF sont acceptables (5-25% d'erreur de biais) en ciel clair. Cependant, en présence de nuages, la prédiction est difficile, et elle est due aux différentes sources d'incertitudes telles que l'incertitude épistémique et aléatoire. Ce projet de thèse a pour but de contribuer à améliorer la prédiction du rayonnement global principalement en temps nuageux à l'aide du modèle WRF sans dégradation de la prédiction en temps clair. Il vise à :

i) mieux comprendre ce dernier à l'aide de méthodes efficaces d'exploration de modèles,

ii) développer un méta-modèle de WRF moins coûteux en temps de simulations et en espace de stockage.

Cela permettra de tester un nombre considérable de scénarios et ensuite d'injecter le scénario le plus plausible dans le modèle WRF pour une meilleure prédiction. Ce travail de recherche se déroulera en trois étapes comme suit :

1) Exploration du modèle WRF

Il s'agit d'identifier les verrous pour mieux explorer des modèles spatio-temporels notamment le modèle WRF qui utilisent des sorties d'autres modèles comme entrées. Cette étape d'exploration numérique du modèle WRF vise à identifier les parties du modèle qui contribuent le plus à sa variabilité à l'aide de nouvelles méthodes efficaces de propagation d'incertitudes développées dans l'UMR Espace-Dev notamment *l'analyse de sensibilité multivariée* pour des sorties spatio-temporelles. Cette méthode de propagation pourra se faire en utilisant soit les simulations du modèle WRF soit des dérivées du modèle. Il est attendu du doctorant de proposer une adaptation ou une extension ou une amélioration de ces méthodes. Cette première étape est cruciale, et elle vise à identifier des entrées et des paramètres pertinents qui conditionnent la précision des sorties du modèle et à considérer dans la suite de la thèse.

2) Développement d'un méta-modèle

Le modèle WRF est un modèle multi-échelle, multi-résolution et multivarié (spatio-temporel). Il s'agit dans cette seconde étape de développer un modèle statistique simple qui approxime au mieux le modèle WRF en temps nuageux et qui améliore les temps de calcul. Pour cela, il convient de se munir d'un certain nombre de critères relatifs au modèle WRF et de proposer un méta-modèle qui réponde à ces critères notamment la dépendance entre certaines entrées. Différentes techniques existent notamment : les *HDMMR (high dimensional model representation)*, le *chaos polynomial*, le *processus gaussien*, et récemment la *reconstitution complète d'un modèle à partir de ces dérivées* (développée dans l'UMR Espace-dev). L'originalité de la thèse consiste à formuler et à proposer un méta-modèle qui prend en compte la dépendance entre les entrées les plus influentes du modèle WRF et son aspect spatio-temporel. L'une des pistes privilégiées est celle s'inspirant de la méthode de reconstitution complète d'un modèle à partir de ces dérivées. Cette piste fera l'objet d'une base de travail, et il est attendu du doctorant de se l'approprier et de l'étendre. On pourra éventuellement concevoir des métamodèles de type multi-fidélité au regard de sa complexité et de son temps de simulation. Le gain en temps de simulation et en espace de stockage dépend du niveau de fidélité souhaitée. D'autres pistes sont à considérer en fonctions des compétences du doctorant.

3) Outil opérationnel pour une meilleure prévision

Cette étape vise à rendre opérationnelle la méthodologie de prédiction développée et à l'appliquer sur toute la Guyane. Il s'agit de mettre au point un programme ou un code numérique qui rassemble les tâches effectuées en 1) et 2).

Planning prévisionnel

Etape 1 : Prise en charge du logiciel de simulation météorologique WRF (6 mois)

- Installation et apprentissage du logiciel
- Sélection des données d'initialisation des simulations (IFS, GFS)
- Sélection des paramètres de simulation mésoéchelle

Etape 2 : Exploration du modèle WRF (6 mois)

- Sélection des entrées du modèle susceptibles de contribuer à la variabilité des sorties

- Sélection des critères et choix d'une méthode de propagation d'incertitudes
- Identification des entrées les plus influentes du modèle WRF
- Valorisation de ces résultats

Etape 3 : Développement et validation d'un méta modèle (18 mois)

- Bibliographie sur les différentes méthodes existantes : les *HDMR*, le *chaos polynomial*, le *processus gaussien*, et récemment la *reconstitution complète d'un modèle à partir de ces dérivées*
- Choix d'une méthode, développement du modèle, comparaison des résultats prédits avec les données de mesure in situ
- Mise en oeuvre fonctionnelle du méta modèle

Etape 4 : Publication et valorisation des résultats (6 mois)

- Rédaction d'articles, rédaction du rapport de thèse
- Valorisation industrielle des résultats

Les travaux feront l'objet de publications dans des revues à comité de lecture telles que Reliability Engineering & System Safety, Solar Energy, Progress in Photovoltaics, Renewable and Sustainable Energy Reviews, SIAM journal et autres.

Intérêt de cette thèse dans le cadre du développement régional

Ce projet de recherche vise à se doter d'un outil numérique pour l'aide à la décision dans un environnement incertain (intermittent) de la production d'énergie solaire en zone intertropicale. Ce projet de recherche s'inscrit dans une suite cohérente et nécessaire de projets de recherche entrepris par l'UMR Espace-Dev et l'Université de Guyane pour disposer d'un outil robuste de prédiction de l'énergie solaire.

Ce projet de recherche répond aussi très naturellement à plusieurs préoccupations énoncées dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2016-2018 et 2019-2023 de la Guyane. En effet, l'objectif de la thèse est de contribuer à : 1- sécuriser l'approvisionnement énergétique et en électricité en particulier dans un contexte de croissance démographique et de vieillissement des outils de production, 2- de développer des solutions adaptées à l'attention des territoires isolés non interconnectés et 3- d'améliorer la fiabilité et l'intégration des ENR intermittentes dans le réseau électrique

Ces trois objectifs sont liés : augmenter la fiabilité (par connaissance à l'avance de la production qui sera injectée) de la production d'énergie dite "intermittente" permettra de mieux assurer la sécurité énergétique du réseau électrique. L'amélioration de la fiabilité de la production photovoltaïque permettra aussi de répondre aux objectifs jusqu'à 76% de la part des énergies renouvelables à l'horizon 2023 par l'augmentation de la production issue de l'énergie solaire. En se dotant d'un outil fiable de prédiction, ce projet de recherche vise, à long terme, à contribuer à la volonté politique d'atteindre en 2030 l'autonomie énergétique de la Guyane, sur la base de 100% d'énergies renouvelables.

Références (5 à 10 références bibliographiques) :

- [1] Zempila, Melas, Kazantzidis, Giannaros, 2015. Evaluation of Wrf shortwave radiation parametrization in predicting global horizontal irradiance in Greece.
- [2] Skamarock, W., Klemp, J., Dudhia, J., Gill, D., Barker, D., Wang, W., Huang, X., Duda, M., 2008. A Description of the Advanced Research WRF Version 3.
- [3] Aryaputera, A.W., Yang, D., Walsh, W.M., 2015. Day-Ahead Solar Irradiance Forecasting in a Tropical Environment. J. Sol. Energy Eng. 137, 051009.
- [4] Diallo, M., Albarelo, T., Primerose, A., Linguet, L., 2018. Improving the Heliosat-2 method for surface solar irradiation estimation under cloudy sky areas Solar Energy, Vol. 169, 565-576.
- [5] Lamboni M., (2018). Multivariate sensitivity analysis: minimum variance unbiased estimators of the first-order and total-effect covariance matrices. Reliability Engineering & System Safety 06/2018.
- [6] Castruccio, S. et al., (2014). Statistical Emulation of Climate Model Projections Based on Precomputed GCM Runs. Journal of Climate 27(5), DOI: 10.1175/JCLI-D-13-000991.
- [7] Sudret B., 2008. Global sensitivity analysis using polynomial chaos expansions. Reliability Engineering and System Safety 93(7):964–979.
- [8] Ghanem R, Higdon D, Owhadi H, 2017. Handbook of Uncertainty Quantification. Springer International Publishing.
- [9] Lamboni M., (soumis). Derivative-based functional ANOVA.
- [10] Lee, L.A et al., (2011). Emulation of a complex global aerosol model to quantify sensitivity to uncertain parameters. Atmos. Chem. Phys., 11, 12253–12273.

Les étudiants candidats au sujet de thèse proposé doivent fournir aux porteurs du sujet et leur directeur de laboratoire les pièces suivantes :

Pièces à joindre au dossier :

- Copie d'une pièce d'identité
- Copie du diplôme Master (DEA ou équivalent)
- Copies des relevés de notes licence (L3) et master (M1 et M2)
- Une lettre de motivation du candidat
- CV complet
- Justificatif activité professionnelle si salarié(e)