

Prévision à 6–48h d'écheance du rayonnement solaire par prévision d'ensemble météorologique

Thèse CIFRE EDF R&D et INRIA



Juillet 2013

1 Contexte et objectifs

La prévision de la production d'énergie photovoltaïque dépend essentiellement du rayonnement solaire descendant au sol qui est fortement influencé par la couverture nuageuse. Les modèles opérationnels de prévision de production photovoltaïque sont actuellement fondés sur les prévisions de rayonnement des modèles météorologiques (Météo France ou Centre européen) pour des horizons de prévision allant de l'infra-journalier à 14 jours. Ces prévisions sont alors limitées par les fortes incertitudes des simulations météorologiques, en particulier à échelle locale. Il existe un besoin de plus en plus pressant pour l'amélioration de la prévision et l'estimation de son incertitude, qui est une information presque aussi importante que la prévision elle-même.

L'objectif ambitieux de la thèse est de construire un système de prévision du rayonnement solaire permettant d'anticiper à 6h–48h la production photovoltaïque de l'ensemble du parc EDF. L'approche reposera sur des ensembles de simulations météorologiques, calculés par le modèle WRF dans le système de prévision ou/et par un centre météorologique. L'ensemble des prévisions sera combiné pour (1) obtenir de bonnes prévisions du rayonnement à tous les sites de production, (2) estimer les incertitudes des prévisions. Les méthodes seront mises au point et évaluées sur des mesures de rayonnement in situ (notamment au SIRTA) et sur des données satellitaires (par exemple, Héliosat). Le travail débouchera sur un prototype opérationnel de prévision du rayonnement solaire descendant au sol, à l'échelle de la métropole, voire du continent européen, mais avec une résolution aussi locale que possible.

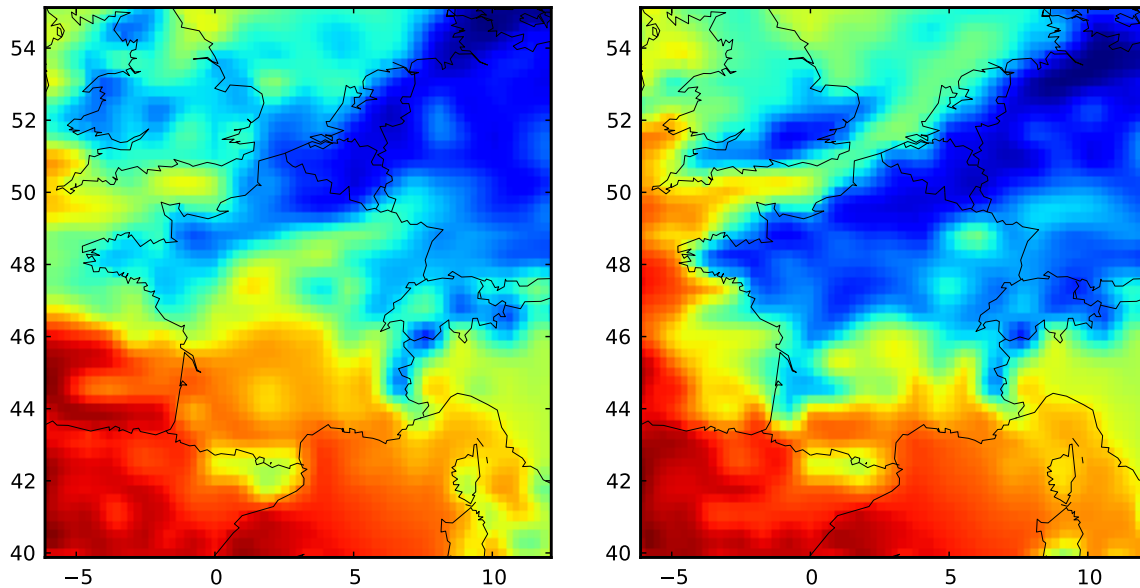


FIGURE 1: Rayonnement solaire calculé par deux membres de l'ensemble du Centre européen, pour une date donnée. On constate des différences significatives dans les structures.

Dans le cadre de la thèse, on souhaite allier des simulations numériques issues de modèles météorologiques de prévision et des méthodes statistiques ou probabilistes. L'objectif est d'exploiter au mieux les différentes sources d'informations :

- plusieurs prévisions météorologiques, issues de modèles numériques, qui décrivent chacune une répartition spatiale et une évolution temporelle du rayonnement sur la région d'intérêt ;
- les observations passées disponibles localement sur des sites de mesures ;
- les observations satellitaires qui couvrent toute la région d'intérêt.

2 Programme de travail

Le programme d'une thèse évolue à mesure que les difficultés et points clés sont identifiés. On peut cependant donner, à titre indicatif, la liste d'actions suivante.

Simulation d'ensembles Les performances des modèles actuels seront étudiées par comparaison aux mesures réalisées au SIRTA et aux mesures déduites des données satellitaires. On s'intéressera aux données générées par AROME et ARPEGE (Météo France), l'ECMWF (Centre européen), NCEP (États-Unis), WRF avec des simulations à réaliser par le doctorant et des calculs 1D issus de travaux d'EDF R&D. On sait que ces prévisions peuvent être très différentes les unes des autres ; cf. figure 1.

Agrégation d'ensemble Il s'agira ensuite de construire une unique prévision à partir de toutes les prévisions disponibles. Des méthodes performantes, issues de l'apprentissage supervisé (agrégation de prédicteurs), existent mais des développements seront abordés : (1) prise en compte des structures spatiales dans les champs de rayonnement, y compris à petite échelle, (2) prise en compte du caractère local, peut-être en lien avec les techniques de descente d'échelle, (3) prise en compte optimale des données d'observation, ce qui devrait nécessiter une étape d'assimilation de données, y compris satellitaires. Concrètement, l'objectif est d'exploiter l'ensemble afin de produire une prévision plus précise et plus robuste que chaque membre de l'ensemble, avec une bonne prise en compte des effets locaux.

Estimation d'incertitude Il s'agira de développer une méthode opérationnelle permettant de donner un niveau de confiance aux prévisions issues de l'agrégation des simulations d'ensemble. Ce problème de recherche est largement ouvert car il n'existe pas aujourd'hui de méthode calculant à la fois une prévision robuste et son incertitude.

3 Équipe d'accueil

Le laboratoire d'accueil est le Centre d'enseignement et de recherche en environnement atmosphérique¹ (CEREA). Le CEREA possède un savoir-faire en modélisation physique du rayonnement atmosphérique (modèles explicites de résolution de l'équation du transfert radiatif), dans l'utilisation de modèles météorologiques à méso-échelle (modèle WRF du NCAR utilisé opérationnellement pour la prévision de la qualité de l'air), et dans les méthodes de prévision d'ensemble appliquées à la prévision de l'ozone troposphérique et à la météorologie. De plus, l'équipe développe de nombreux logiciels, dont plusieurs sont aujourd'hui utilisés par des acteurs opérationnels.

4 Conditions et contact

Début de la thèse : octobre 2013 (négociable)

Durée : 3 ans

Rémunération : à partir de 1800 euros nets par mois et selon le profil

Localisation :

- INRIA Paris-Rocquencourt² (à Rocquencourt, près de Versailles, aussi accessible depuis Paris), dans l'équipe-projet CLIME
- EDF R&D, à Chatou, accessible à pied depuis la gare RER de Rueil-Malmaison

Encadrement : Vivien Mallet (INRIA), Maya Milliez (EDF R&D), Luc Musson-Genon (EDF R&D)

Contact : Vivien.Mallet@inria.fr – 1 39 63 55 76

1. <http://cerea.enpc.fr/>

2. <http://www.inria.fr/rocquencourt/>