

Classification et modélisation stochastique de séries temporelles de la vitesse du vent

Rudy Calif*, Richard Emilion**

* GRER Université des Antilles et de la Guyane, B.P. 592 UFR SEN-97159 Pointe-à-Pitre, Guadeloupe

rcalif@univ-ag.fr

** MAPMO, UMR CNRS 6628 Université d'Orléans, B.P. 6759 450067 Orléans cedex 2, France

richard.emilion@univ-orleans.fr

1 Introduction

Dès lors qu'elle devient importante, la puissance électrique produite par des fermes éoliennes est introduite directement sur le réseau de distribution, sans stockage préalable. La nature fluctuante de cette part de la production d'électricité, pose un problème évident de gestion du réseau, en particulier sur les échelles de temps courtes.

Dans ce travail, nous proposons une étude ayant pour but de caractériser et de modéliser d'un point de vue statistique et dynamique les séquences module de la vitesse du vent. Cette analyse doit permettre le développement des outils nécessaires au contrôle et à la gestion en temps réel du réseau de distribution d'électricité.

2 Les mesures

Pour ce faire, des mesures anémométriques ont été réalisées sur le site de Gros-Cap à Petit-Canal en Guadeloupe. Ces mesures sont effectuées à l'extrémité d'un mât haubané de 40 mètres de haut. Une fréquence d'acquisition de 1 Hz a été choisie comme étant compatible avec les objectifs poursuivis. La durée de mesure, est de plus de 6 mois soit, plus de 10 millions de valeurs pour chacune des grandeurs mesurées.

3 Classification des distributions de la vitesse du vent

Afin d'identifier la statistique des différentes séries temporelles rencontrées au cours de la période totale de mesures, celle-ci est divisée en séquences de mesures consécutives de durée $T = 10$ minutes. Pour chaque intervalle, l'histogramme h des temps d'occupation de la vitesse est calculée. Par suite nous utilisons un outil de classification non paramétrique pour les séquences temporelles par estimation d'un mélange de lois de Dirichlet à 11 paramètres (Emilion (2005); Soubdhan et al. (2009); Soule et al. (2004)). Pour estimer les paramètres,

l'algorithme SAEM; Celeux et Diebolt (1992)), (Emilion (2002) est utilisé. Les résultats ont mis en évidence 3 grandes classes d'histogrammes traduisant 3 événements météorologiques:

- Classe 1 (fig.1) : 90% des histogrammes qui sont monomodales et symétriques. Les histogrammes sont modélisables statistiquement par une loi gaussienne,
- Classe 2 (fig.2) : est représentative d'événements marginaux, soit 9% des histogrammes sont monomodales et asymétriques et modélisables par la fonction Gram-Charlier de type A
- Classe 3 (fig.3) : renferme des événements marginaux (chutes et montées de la vitesse du vent), soit 1% des histogrammes qui sont bimodaux. Ces séquences de mesures témoignent d'un changement de régime de vent

4 Elaboration de modèles pour la vitesse du vent

La classification des distributions a permis d'atteindre deux objectifs :

- d'envisager un modèle pour la prévision de la séquence des classes (1, 2, 3) en utilisant les chaînes de Markov cachées. A partir de ce résultat sera élaboré un modèle destiné à la prévision en temps réel de la production éolienne. (travaux en cours).
- d'élaborer une modélisation dynamique du module de la vitesse du vent sur la base de la résolution d'équations différentielles stochastiques. Une équation souvent utilisée est l'équation dite de Langevin, dont l'expression est la suivante (Pope (2000)) :

$$du(t) = a(t, u)dt + b(t, u)dW_t$$

u est la fluctuation de la vitesse, a est le terme de transport, b le coefficient de diffusion, dW_t représente l'incrément aléatoire distribué suivant une loi normale de moyenne nulle et d'écart type $\sigma = \sqrt{dt}$ le dt pas de discrétisation temporelle.

Les résultats de la classification montrent que les séquences de mesure appartenant à la classe 1 et 2, sont modélisables, sur le plan statistique par une loi normale et une fonction de Gram-Charlier. Aussi l'équation de Langevin est spécifiée dans le cas où la distribution de la variable aléatoire u satisfait aux deux lois sus-citées. Les résultats montrent que l'équation de Langevin génère des signaux de vitesse possédant les mêmes caractéristiques statistiques (pdf) et dynamique (fonction d'autocorrélation) que les signaux expérimentaux (fig.4). Pour être tout à fait opérationnel, ce modèle doit être complété pour prendre en compte la densité spectrale d'énergie correspondant effectivement aux mesures. En ce qui concerne, les séquences de mesure de la classe 3, dont la distribution est bimodale, nous utilisons l'équation différentielle stochastique suivante (Brillinger et al. (2001); Cobb et Watson (1981)) :

$$du(t) = -\frac{\partial V(u(t))}{\partial u}dt + \sigma(u(t))dW_t$$

L'intégration numérique de ces équations permettra l'élaboration d'un générateur de signaux de vent utilisé pour la réalisation de tests d'impact sur le réseau et pour l'optimisation de la masse et de l'efficacité énergétique d'une chaîne d'éolienne

Références

- Brillinger, H. K., A. A. Preisler, et J. G. Kie (2001). The use of potential functions animal movement. *Data Analysis from Statistical Foundations* 45, 369–386.
- Celeux, G. et J. Diebolt (1992). "S.A.E.M. Algorithm". *Stochastics Rep.* 41, 119–134.
- Cobb, L. et B. Watson (1981). Statistical catastrophe theory: an overview. *Math. Model* 1, 311–317.
- Emilion, R. (2002). Classification and mixture process. *Academic Science Report* 355, 189–193.
- Emilion, R. (2005). Process of random distributions. *Afrika Stat* 1, 27–46.
- Pope, S. (2000). *Turbulent Flows*. Cambridge University Press.
- Soubdhan, T., R. Emilion, et R. Calif (2009). Classification of daily solar radiations distributions using a mixture of dirichlet distributions. *Solar Energy* 83, 1056–1063.
- Soule, A., K. Salamatian, N. Taft, et R. Emilion (2004). Classification of internet flows. *Sigmetrics* 12, 49–60.

Annexe

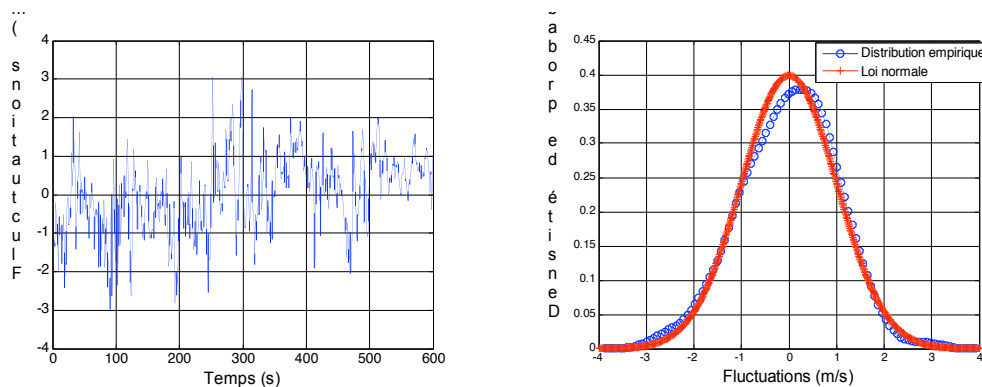


Fig 1- : Un représentant de la classe 1 et sa distribution correspondante modélisée par une loi normale.

Classification et modélisation stochastique des séries temporelles de la vitesse du vent

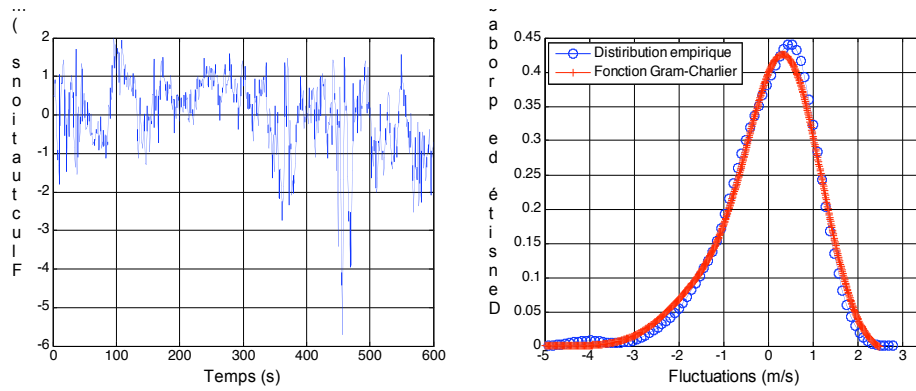


Fig 2- : Un représentant de la classe 2 et sa distribution correspondante modélisée par une fonction Gram-Charlier de type A.

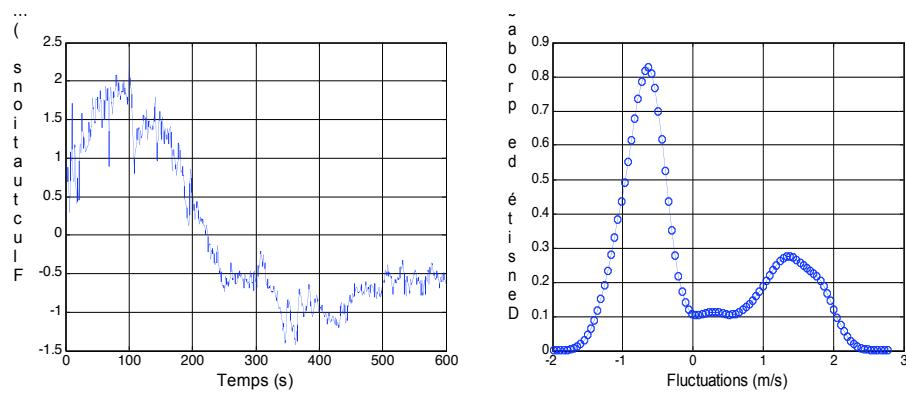


Fig 3- : Un représentant de la classe 3 et sa distribution correspondante modélisée par une fonction Gram-Charlier de type A.

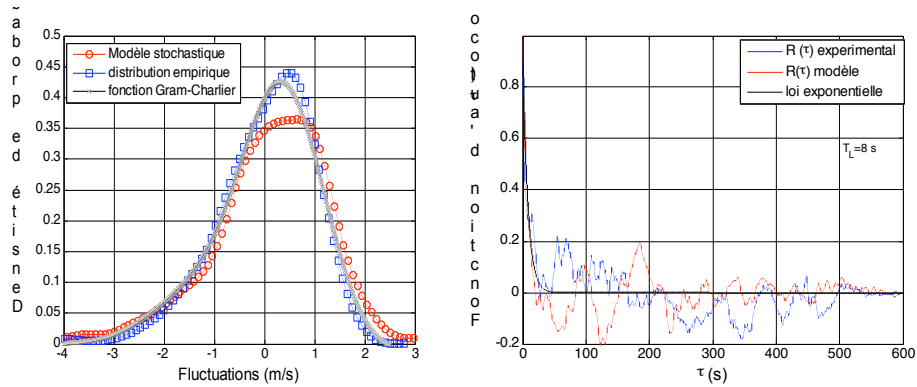


Fig 4 – La distribution et la fonction d'autocorrélation d'une séquence de mesure de la classe 2 superposés à la distribution et à la fonction d'autocorrélation du signal simulé à partir de l'équation différentielle stochastique.

Summary

We classify wind sequences distributions, by estimating a finite mixture of Dirichlet distributions without assuming any parametric hypothesis on these wind speed distributions. Moreover an approach based on the stochastic differential equation resolution for modeling the wind sequences, is proposed.