

# Suivi d'une éolienne

Version juin 2013

## Contexte

Une éolienne et ses capteurs associés produisent en grand nombre des données intéressantes à plusieurs titres :

- pour prévenir les dégradations importantes : par exemple, détecter un début de balourd dans la rotation permet de sauver l'axe de rotation d'une dégradation définitive.
- pour comparer la vitesse du vent et la vitesse de rotation, avec ou sans corrélation avec la direction du vent peut avertir d'un début de grippage ou d'un mauvais réglage.
- pour suivre la production intéresse autant le propriétaire que EDF
- pour corréler la vitesse de vent instantanée et la puissance permet de construire une courbe de rendement. Il est probable que le taux d'humidité et la pression de l'air ambiant aient aussi une influence non négligeable sur le rendement.
- pour comparer les données sur plusieurs années
- d'autres exploitations des données fines restent à inventer.
- pour publier des données météo, en temps que station météo intrinsèquement utile à la communauté internationale

Les données moyennes sont intéressantes, mais toute moyenne est une dégradation de l'information. Dans le cas d'une éolienne, les valeurs extrêmes ont une extrême importance. Le lissage des valeurs crêtes est un grand péché scientifique. Il convient donc de mettre à disposition ces mesures extrêmes dont les caractéristiques essentielles sont la rareté et la volatilité. Ces épisodes extrêmes sont intéressants à comparer entre eux, à plusieurs années de distance. Il convient de prévoir un dossier pour les fichiers qui leur sont spécifiques.

Si les capteurs sont aptes à produire une mesure très fréquente (la mise en évidence d'un balourd se fait avec au moins 10 mesures par secondes), il faut que l'exploitant puisse en avoir connaissance et puisse définir des seuils d'alerte conduisant soit à l'émission d'un SMS de maintenance, soit à une mémorisation pendant une durée programmée. Ces enregistrements sont en nombre limité puisqu'ils correspondent à des périodes exceptionnelles. Il peuvent alors être conservés indéfiniment.

## Site Web

Les données et les visualisations graphiques associées sont à mettre à disposition sur un site accessible sans contrainte administrative à l'aide d'un simple navigateur (Firefox, Safari). Le fonctionnement en temps réel est visible avec un smartphone.

L'exploitant (ou le télé-visiteur du site) n'est pas a priori statisticien et ne sait pas manipuler de grands volumes de données. Les technologies informatiques permettent de «mâcher» le travail et de produire des visualisations graphiques suggestives et interactives, avec des fichiers de données téléchargeables et simples à décoder (pour être concret : compatible avec un tableur Excel). Le logiciel du serveur doit assurer l'évolutivité fonctionnelle sur au moins 15 ans (par exemple être indépendant d'une mise à jour Java).

On notera qu'un simple nuage de points peut mettre en évidence les mesures aberrantes et les tendances mais ne suffit pas pour d'autres analyses et qu'une courbe d'évolution dans le temps limitée à une seule grandeur est pauvre en information systémique.

## Illustrations

### Fichier d'analyse du balourd

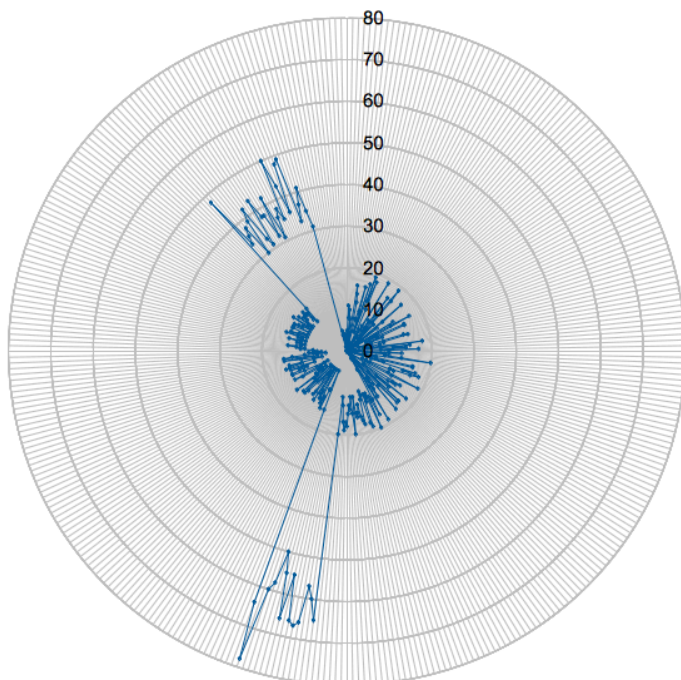
Il s'agit d'un fichier spécifique qui permet de voir une variation cyclique de la production sur chaque tour, avec une mesure de la production tous les 1/10s. Les mesures de vent, de direction, d'humidité, de pression et de pluie sont nécessaires pour une meilleure analyse du phénomène.

### La rose des vents et de la production

Connaître la production en fonction de la direction du vent est important, ne serait-ce que pour faire des prévisions de production en fonction des prévisions météorologiques, ou étudier le comportement de l'éolienne en vue de son entretien ou de sa maintenance.

Il est intéressant de visualiser la chronologie d'un épisode et de suivre l'évolution chronologique des mesures transitoires.

Le graphe ci-dessous illustre une série de mesures successives de la vitesse et de la direction du vent (instantanée ou en valeur moyenne selon la demande) en km/h avec un point toutes les t secondes selon la demande de l'exploitant.



On peut imaginer superposer d'autres courbes avec des couleurs différentes à des fins de corrélations avec d'autres types de mesures aux mêmes instants (production, température, hygrométrie, pression, pluie)

Cette rose des vents est une bonne manière de visualiser le fonctionnement de l'éolienne en temps réel, représentant ainsi les derniers relevés avec 3 courbes superposées :

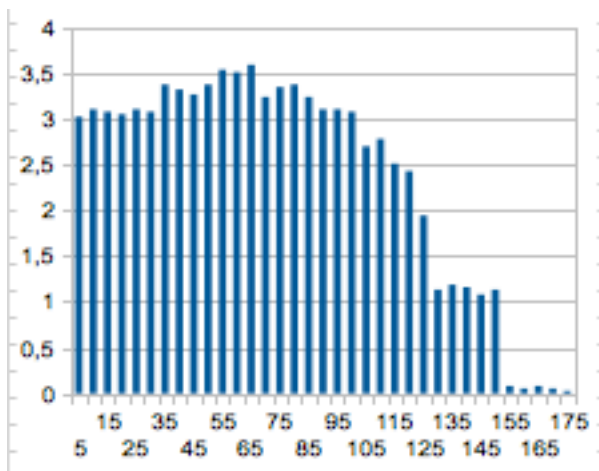
Vitesse du vent, vitesse de rotation, KWh produits.

### Signature d'un site

La distribution des vitesses du vent peut caractériser un site. Par exemple, un site peut être très souvent sous-venté, ou au contraire sur-venté. Il est intéressant de savoir quelle pourcentage du temps le vent est très faible, faible, moyen, fort ou très fort.

L'histogramme comporte :

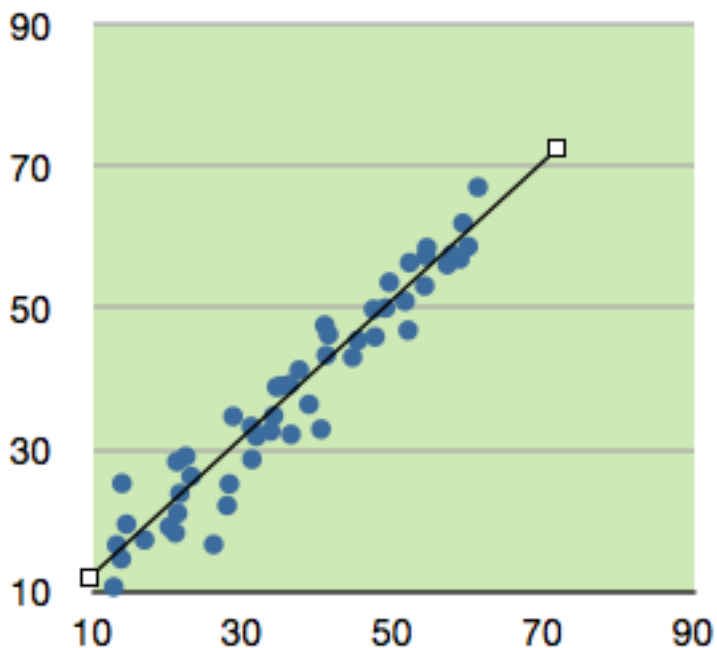
- en abscisse des tranches de vitesses de 5km/h, de 0 à 175 km/h.
- en ordonnée : le nombre de fois ou la mesure a été dans chaque tranche, ramené en % du total.



Chaque mesure de vitesse (moyenne sur 6mn ou sur 1h) incrémente le barreau correspondant, en pourcentage du nombre total de mesures déjà faites. Par exemple, le diagramme permet de voir que la vitesse du vent est 3% du temps entre 15 et 20 km/h et 1% du temps entre 120 et 150 km/ et presque jamais au-delà de 120 km/h.

### Relation Vitesse de rotation / Puissance

Le rendement d'une éolienne n'est pas linéaire. En corrélant les tours/minute et les Watts produits on peut apprécier le domaine utile et le comportement par vent faible ou violent.



### Données météo

Les données corrélées à la météo sont approximativement cycliques au long de la journée ou au long de l'année. Il est intéressant de juxtaposer des données de plusieurs jours à des données de plusieurs années, en résolvant l'écueil d'échelle des temps différentes.

### Visualisations graphiques

L'objectif est que le visiteur du site puisse avoir d'un seul coup d'oeil l'ensemble des données qui peuvent l'intéresser, sans avoir besoin de naviguer sur plusieurs pages ni de manipuler un grand nombre de données. Ces visualisations sont des aides à la recherche d'un panel de données numériques dont on aura pu préventivement vérifier la vraisemblance, pour échapper aux pièges d'un traitement Matlab ou Scilab basé sur des données fausses ou erronées dans sa programmation.

Le lien suivant propose une maquette de page d'accueil globalisante avec des juxtapositions sans doute nombreuses, mais faciles à comprendre : tous les graphes ont une structure identique s'appliquant à une série de données précise.

<http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/Meteo/Eolienne/Eolienne.html>

Chaque graphe intègre ses identifiants en en-tête et que la donnée est représentée de façon composite (exemple: la température moyenne est enrichie d'attributs mathématiques (écart-type, min et max) faciles à élaborer et à représenter graphiquement).

### Téléchargements

Au-delà de ces graphes, le visiteur peut télécharger les données numériques qui les sous-tendent.

Si les données sont organisées avec une base de données plus profonde, le visiteur peut demander la fabrication d'un fichier de données sur mesure.

Le visiteur peut aussi accéder aux fichiers correspondant aux situations extrêmes enregistrés sur dépassement de seuil (par exemple les minutes qui suivent toute rafale dépassent 80km/h). Une liste historique de ces fichiers est proposée.

### Les fichiers .csv ont la structure suivante :

En tête, les identifiants et paramètres du fichier (méta-données essentielles) :

Eolienne NHEOLIS ENTE ; 43°29'27.96"N ; 5°22'39.61"E ; <http://eolienne.ente.milles.gouv.fr>  
de horodate à horodate par tranches de xxxx,xx secondes ; nature  
*les horodates et la durée des tranches sont fixés par l'exploitation*  
*la nature définit le pourquoi des données (seuil dépassé, demande immédiate, demande programmée,...)*

Une ligne d'en-tête :

Date Heure ; état ; direction (°) ; vent (km/h) ; tours/s ; kWh/t ; Température (°Celsius) ; Humidité (%) ; Pression (pa) ; Pluie (mm/h)

n lignes de données :

aaaa-mm-jj hh:mm:ss ; eeeeeee-eeee ; ddd ; vv,vv ; tt ; kkk,kkk ; tt,t ; hh ; pppp ; pp,pp  
*eeeeee-eeee définit l'état de fonctionnement (seuil>xxx, blocage, arrêt forcé, balourd, EDF découplé,...), qui peut être composite, à voir en fonction des capteurs disponibles* Données moyennes

### Graphe température/vent/direction par tranche de 10mn sur 365 jours

La page 3 du document [http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/Meteo/Visu\\_temperatures.pdf](http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/Meteo/Visu_temperatures.pdf)

décrit une visualisation graphique intéressante à développer pour le suivi météo de l'éolienne.