



Développement d'un projet de ferme éolienne



Phase d'exploitation et de gestion

Adrian Ilinca
Jean-Louis Chaumel
Hussein Ibrahim



ALEP, SYRIE, 22-25 Octobre 2007

Phase de l'exploitation

Activités réalisées lors de l'exploitation

- Opération et entretien des turbines
- Entretien des chemins

Phase d'exploitation et de gestion

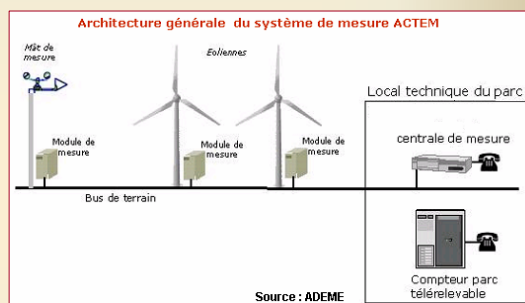
Priorités du gestionnaire du projet

- Accroître le taux de disponibilité des éoliennes et réduire les risques de perte de production
- Prévoir la livraison au réseau
- Accélérer la remise en fonction des machines arrêtées
- Réduire les opérations de maintenance
- Assurer le bon état (entretien) du chemin d'accès

Phase d'exploitation et de gestion

Outils disponibles pour la gestion d'un projet éolien

- Système informatisé central de gestion du parc
- Prévisions météorologiques
- Plan d'entretien



- Système automatisé de prévision du productible (en développement)
- Système de surveillance à distance et/ou système de suivi des composants critiques (alarmes)
- Procédure de branchement au réseau

Phase d'exploitation et de gestion

Suivis de production et de performance

- **Suivi de production** : un relevé des données disponibles sur les compteurs électriques de(s) parc(s) éolien(s)
 - Il concerne le comptage brut de l'énergie électrique livrée sur le réseau par le(s) parc(s) éolien(s) indépendamment de la ressource en vent observée
- **Suivi de performance** : permet de mettre en relief et de comparer la production par rapport aux conditions de vent
 - C'est le plus délicat à mesurer de manière systématique sur l'ensemble des parcs
 - La plus réaliste de diverses solutions qui existent : un mât de mesure permanent (celui existant sur le site), complété par un outil logiciel de simulation d'écoulement, de type "micrositting"

Phase d'exploitation et de gestion

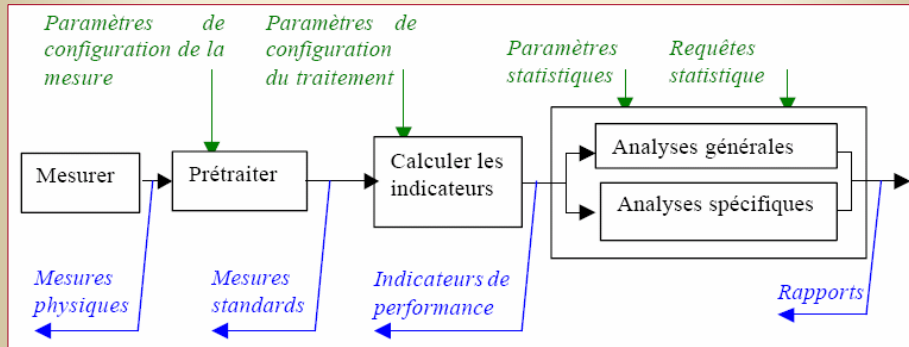
Suivis de production et de performance

- Nécessité de définir plusieurs indicateurs de performances :
 - **Indicateurs de site** : distribution de vitesse et roses des vents
 - **Indicateurs de productivité** : facteur de capacité, efficacité (rapport entre la production et le productible réel), rendement (rapport entre la production et le productible estimé a priori)
 - **Indicateurs de disponibilité** : disponibilité de production, disponibilité technique, pertes de production, disponibilité détaillée
 - **Indicateur de fonctionnement des machines** : évolution des courbes de puissance
 - **Le suivi de l'impact environnemental** des parcs éoliens a posteriori
 - **Le suivi de l'impact sur le réseau** de distribution électrique

Phase d'exploitation et de gestion

Le suivi de performance

- Le suivi des performances se fait à l'aide d'indicateurs et d'analyses statistiques selon la chaîne de traitements suivante :



Phase d'exploitation et de gestion

Le suivi de performance

- Les mesures standards de performance peuvent être classées en trois catégories :

| Mesures standards météorologiques | Mesures standards de puissance | Mesures standards d'indisponibilité |
|---|---|---|
| Vitesse horizontale du vent, en m/s | Puissance active produite par chaque éolienne, en kW | Arrêts volontaires : arrêts pour maintenance, pour visite et coupures réseau |
| Direction standard du vent = direction de la composante horizontale du vent / au nord géographique, en degrés | Puissance réactive consommée par chaque éolienne, en kW | Arrêts intempestif : pannes et arrêts fonctionnels |
| Densité standard de l'air en kg/m^3 | Ecart d'énergie réactive produite par rapport à la consigne, en kWh | Arrêts vent : vent supérieur à la vitesse de coupure maximale, et vent inférieur à la vitesse de coupure minimale |
| Niveau standard de turbulence, sans dimension | | |

Phase d'exploitation et de gestion

Le suivi de performance

- Les indicateurs standards de performance peuvent être classés en quatre catégories :

| Site | Productivité | Disponibilité |
|---|--|---|
| Distribution de vitesse | Production $E = E_{mes}$ | Disponibilité de production, en %, brute |
| Rose des vents | Production nominale $E_{nom} = P_{nom} \times durée$ | Disponibilité de production, en %, nette |
| | Productible estimé $E_{est} = P_{théo} \times d_{théo}$ | Disponibilité technique, en % |
| Fonctionnement des machines | Productible réel $E_{réel} = P_{théo} \times d_{mes}$ | Disponibilité détaillée (fonctionnement nominal, arrêt vent hors plage, arrêt panne, arrêt coupure réseau, arrêt visite, arrêt maintenance) |
| Courbe de puissance Puissance = P (Vent) | Facteur de charge (ou de capacité) E_{mes} / E_{nom} | Pertes de production globales Pertes de production détaillées |
| Coefficient de puissance P / P (Vent) | Rendement E_{mes} / E_{est} | Répartition des origines des pannes |
| | Efficacité $E_{mes} / E_{réel}$ | Comptage des arrêts |

Phase d'exploitation et de gestion

Le suivi de performance

- Les traitements généraux (statistiques générales, cumuls et comparaisons relatifs), comme pour les indicateurs, concernent le site (i.e. la ressource), la productivité, le fonctionnement et la disponibilité
- Trois types de traitements sont distingués : les statistiques temporelles (annuelles ou pluriannuelles), les statistiques spatiales (analyse par parc, région) et les analyses de tendance ou de variabilité sur des périodes pluriannuelles
- ♦ Les statistiques temporelles (annuelles ou pluriannuelles),
- ♦ Les statistiques spatiales (analyse par parc, région) et les analyses de tendance ou de variabilité sur des périodes pluriannuelles
- ♦ Les analyses de tendance ou de variabilité sur des périodes pluriannuelles

Phase d'exploitation et de gestion

Le suivi environnemental

- Le suivi environnemental peut être réalisé à partir d'une fiche de synthèse récapitulant les indicateurs environnementaux établis durant l'étude d'impact et permettant de décrire les milieux physique, biologique, humain et le patrimoine
- Sur des sites sensibles à une exigence environnementale précise un suivi fin de plus long terme peut-être mis en place

Phase d'exploitation et de gestion

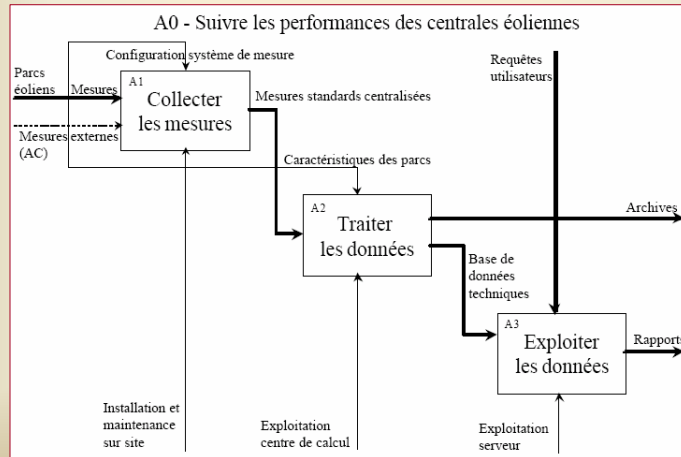
Le suivi de qualité du courant

- Les parcs éoliens ont un impact sur la qualité du courant transporté ou distribué sur le réseau
- La mesure de la qualité du courant, facilement réalisable (matériel et logiciel validés et utilisés par Hydro-Québec) présente plusieurs intérêts :
 - Pour Hydro-Québec, validation de modèles mathématiques permettant de prévoir les évolutions du réseau nécessaires
 - Pour les producteurs (autres que Hydro-Québec), optimisation des parcs futurs

Phase d'exploitation et de gestion

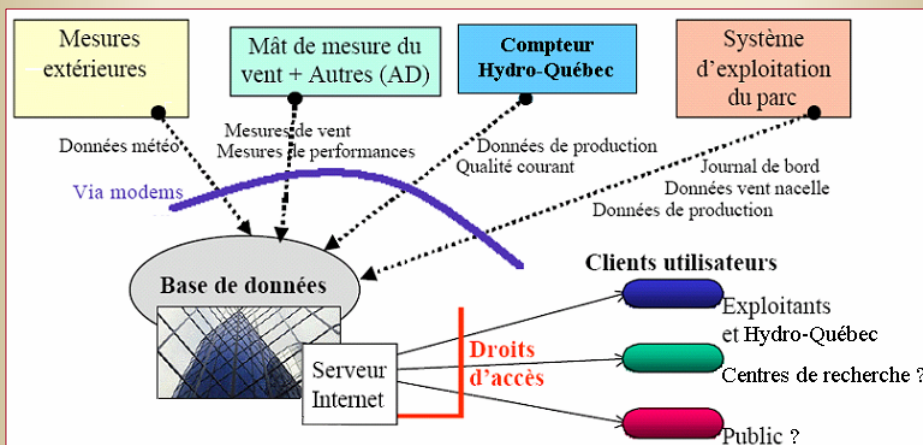
Schéma fonctionnel général

- L'analyse fonctionnelle peut être réalisée sur la base de la synthèse des besoins et de l'état de l'art des systèmes de collecte et de traitement de données techniques. Elle permet de définir les fonctions principales et le mode opératoire du système de suivi de production et de performances à réaliser



Phase d'exploitation et de gestion

Schéma du mode opératoire



Phase d'exploitation et de gestion

Parcs connectés au réseau (au Québec)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parc éolien Matane • 57 éoliennes 200 kW / 750 kW • Production totale : 43 MW • # Résidences : 3800 • Raccordé sur le 230 kV | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parc éolien Cap-Chat • 76 éoliennes 200 kW / 750 kW • Production totale : 57 MW • # Résidences : 5000 • Raccordé sur le 230 kV |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parc éolien Rivière au Renard • 3 éoliennes de 750 kW • Production totale : 2.25 MW • # Résidences : 200 • Raccordé sur le 25 kV | |

Phase d'exploitation et de gestion

Défis techniques de la maintenance des éoliennes

- L'éolienne est une machine soumise à des stress importants, relativement fragile, opérant dans des conditions électriques très particulières → Recherche de fiabilisation
- Réduction des coûts de maintenance et tendance même vers zéro (0) dans certains cas
- Télésurveillance
- Difficultés des opérations en hauteur

La surveillance en direct des éoliennes

The screenshot shows a 'MAIN SCREEN' for 'NORTHSTAR POWER SYSTEMS'. It includes a 'POWER DATA' section with 'Power Production' and 'Total Output' gauges. There are also 'ENVIRONMENTAL DATA' and 'TOWER SWITCH STATUS' sections. A 'MULTI-TOWER POWER SELECT' section is visible on the right. A red arrow points from the text 'La surveillance en direct des éoliennes' to the software interface.

Phase d'exploitation et de gestion

Accidents arrivées pour des éoliennes



UQAR
Université du Québec
à Rimouski



Laboratoire de Recherche en Énergie Éolienne

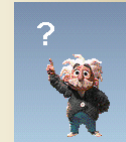
LREE

Wind Energy Research Laboratory

Questions ?



Merci pour votre attention



UQAR
Université du Québec
à Rimouski



Laboratoire de Recherche en Énergie Éolienne

LREE

Wind Energy Research Laboratory