

Variations météo sur le réseau

La production des éoliennes est, ressource oblige, variable et difficile à prévoir. Une situation inédite pour les gestionnaires du réseau, dont la mission est d'ajuster la production d'électricité à la demande pour assurer un service de qualité aux abonnés. Aussi, EDF, Météo-France et opérateurs éoliens travaillent ensemble pour préparer l'arrivée du vent sur le réseau.

Le jour où une ferme éolienne délivre ses premiers kilowattheures sur le réseau, l'opérateur est un homme heureux. À l'inverse, le casse-tête commence pour les gestionnaires du réseau électrique qui doivent gérer la quantité d'électricité qui arrive sur le réseau. En effet, ils doivent adapter la production d'électricité injectée sur le réseau en fonction de la consommation de l'ensemble des clients, qui fluctue selon la température, les heures du jour ou de la nuit, etc. Pour assurer l'approvisionnement en toute circonstance, des unités de production de pointe peuvent démarrer à la demande, comme les grandes centrales hydroélectriques de pompage-turbinage ou les centrales thermiques. Elles viennent alors compléter, la production électrique de base (nucléaire, hydraulique au fil de l'eau). Mais avec la multiplication des parcs éoliens, la situation se complique. Impossible de les faire démarrer à la demande : c'est le vent qui décide... Et à l'inverse, pas question de refuser la production d'un parc éolien. Dans la plupart des pays en effet, les compagnies de distribution d'électricité sont obligées d'acheter cette production d'électricité renouvelable dès qu'elle apparaît au poste de livraison. Du coup, pour le gestionnaire de réseau, la production électrique d'origine éolienne s'apparente à une variation de la demande qu'il ne peut maîtriser. Idéalement, il lui faudrait connaître la force et les déplacements du vent sur l'ensemble du territoire français pour prévoir la contribution des parcs éoliens à la production électrique nationale. *" La ressource éolienne est par nature très variable et difficilement prévisible. Lorsqu'on a un ensemble d'éoliennes réparties dans le pays, on dispose donc d'une capacité de production aléatoire qu'on a du mal à programmer. C'est le gros handicap de l'éolien."*, résume Guy Beslin, ingénieur chercheur à la division recherche et développement d'EDF. Seul moyen de contourner ce handicap : prévoir aussi précisément que possible la production des parcs éoliens, plusieurs jours à l'avance. Mais comment y parvenir ?

Prévision de production : mode d'emploi

Les études de sites préalables à l'installation d'un parc éolien, basées sur des mesures de vent pendant 12 ou 18 mois et des simulations numériques prenant en compte les particularités topographiques du terrain, donnent une indication sur la production annuelle, mais sont inefficaces pour les prédictions à court terme. Une fois le parc en route, on pourra disposer d'une première année de référence. L'étude de la chro-

La puissance d'une éolienne varie en fonction de la force du vent. Voici, en trois tableaux le comportement d'une éolienne de 1,5 MW.

Vent de 4 mètres/seconde : l'éolienne entre en production					
Force	Appellation	Vitesse du vent en m/s	Observations sur le paysage	Puissance de l'éolienne	
Échelle de Beaufort	0	Calme	0 à 0,2	La fumée s'élève verticalement. Mer d'huile.	0
	1	Très légère brise	0,3 à 1,5	On ressent à peine le souffle du vent. La girouette ne bouge pas. Quelques rides sur l'eau.	0
	2	Légère brise	1,6 à 3,3	Feuilles d'arbre frémissantes. Vaguelettes. On sent le vent sur le visage.	0
	3	Petite brise	3,4 à 5,4	Les drapeaux flottent et les branches s'agitent. Petits "moutons" sur l'eau.	de 60 à 210 kW

Vent de 14 mètres/seconde : l'éolienne atteint sa puissance nominale de 1,5 MW					
Force	Appellation	Vitesse du vent en m/s	Observations sur le paysage	Puissance de l'éolienne	
Échelle de Beaufort	4	Jolie brise	5,5 à 7,9	Le sable s'envole et le blé commence à onduler.	de 210 à 690 kW
	5	Bonne brise	8,0 à 10,7	Des petits arbres se balancent, les vagues moutonnent. Embruns.	de 690 à 1 250 kW
	6	Vent frais	10,8 à 13,8	Les fils électriques et la cheminée "chantent".	de 1 250 à 1 500 kW
	7	Grand frais	13,9 à 17,1	Écume blanche. Vagues déferlantes. On peine à marcher contre le vent.	1 500 kW

Vent de 25 mètres/seconde : l'éolienne est stoppée par sécurité					
Force	Appellation	Vitesse du vent en m/s	Observations sur le paysage	Puissance de l'éolienne	
Échelle de Beaufort	8	Coup de vent	17,2 à 20,7	Les petites branches commencent à se briser. Tourbillons d'écume sur la mer.	1 500 kW
	9	Fort coup de vent	20,8 à 24,4	Quelques tuiles s'envolent des toits. Grosses vagues.	1 500 kW
	10	Tempête	24,5 à 28,4	Des arbres sont arrachés et la circulation est difficile. Très grosses vagues.	Arrêt de l'éolienne
	11	Forte tempête	28,5 à 32,6	Dégâts importants aux maisons. Banc d'écume, visibilité réduite.	
	12	Ouragan	> 32,6	Ravages étendus et catastrophiques.	

nique détaillée de la production d'un site révèle, par exemple, que mai est plus venteux que novembre et permet de prévoir la production à venir avec un intervalle de confiance. Mais si ces prévisions sont valables pour les saisons, en revanche la variabilité du vent ne permet pas de prédire d'un jour à l'autre ce que sera la production, même en se basant sur les années antérieures.

Plus poussés, les "modèles autorégressifs" font appel à des traitements numériques sophistiqués des données de la production passée pour prédire la production à court terme. "Des chercheurs d'EDF travaillent sur cette technique", indique Guy Beslin "Mais le résultat

n'est pas très satisfaisant car il manque de précision : l'intervalle de confiance donne des valeurs du simple au double pour le lendemain. Une des difficultés de la précision est qu'une variation de 10 % dans la vitesse du vent peut influencer la production électrique d'une éolienne de 20 à 25 %".

Combinaisons de statistiques et de prévisions

La prévision, c'est la spécialité de Météo-France qui fait tourner ses logiciels météorologiques sur des ordinateurs puissants. "Nous travaillons sur des modèles numériques dont la résolution est de 10 km, mais c'est insuffisant : les mailles sont trop larges pour une pré-

vision applicable aux éoliennes”, déplore Christine Lac, responsable du département Services, qui propose plutôt aux développeurs éoliens des études climatiques basées sur l'historique des relevés des stations météo voisines. “ *Mais nous allons travailler sur une meilleure prévision du vent appliquée à l'éolien en participant au programme Anemos* ”(voir plus loin). Pour améliorer les prédictions, il faut envisager une combinaison des différentes techniques. “ *Nous prenons les prévisions régionales à 1, 2 ou 5 jours de Météo-France et nous corrélons avec les statistiques de la production passée du parc éolien. Avec ce recalage local, nous parvenons à des prédictions à 24 ou 48 h de plus en plus fiables*”, indique Guy Beslin. On peut aussi faire des prédictions non pas pour chaque parc mais pour un ensemble de parcs dans une région. À cette échelle, on peut encore augmenter la fiabilité des résultats. Le gestionnaire de réseau peut alors mieux anticiper l'utilisation des moyens de production électrique et ainsi améliorer la sécurité des approvisionnements et la qualité de l'électricité fournie.

Anticiper pour mieux gérer

Tous les acteurs ont à y gagner. Les négociants (traders) et distributeurs d'électricité peuvent, de leur côté, adapter leurs tarifs d'électricité “ grise ” et éventuellement d'électricité “ verte ” au volume de production éolienne. Ils peuvent aussi prévoir, à l'avance, la vente d'électricité à une région ou un pays fortement équipé en éolienne (comme l'Allemagne) qui connaît inévitablement des heures ou des jours sans vent. Du côté des producteurs d'électricité (éoliens ou non), la prédiction des vents permet d'anticiper les périodes de fonctionnement des machines et de prévoir les opérations de maintenance dans les périodes sans vent pour ne pas perdre d'argent. Enfin, tous les pays ne disposent pas comme la France, d'un tarif d'achat fixe pour l'électricité éolienne. Avec une production prévue à l'avance, les producteurs d'électricité éolienne sont en mesure de demander un meilleur prix pour leur électricité. Car pour les gestionnaires du réseau et les distributeurs d'électricité, un kilowattheure a une valeur ajoutée plus importante s'il est annoncé, surtout dans les périodes de forte demande électrique. C'est pourquoi les contrats d'achat de l'électricité produite par les petites centrales hydroélectriques comportent des tarifs différents selon les heures et selon les saisons, avec un bonus lors des pointes de la demande.

Si le problème n'est pas encore crucial en France où la puissance éolienne installée est à peine de 180 MW, une prédiction fiable de la production devient indispensable lorsque la puissance éolienne devient importante comme au Danemark, en Allemagne ou en Espagne. C'est pourquoi ces pays ont engagé depuis plusieurs années des programmes de recherche dans ce domaine. Un modèle de prévision élaboré à l'université danoise de Risoe fonctionne depuis trois ans et peut atteindre une précision de 70 %. L'université allemande d'Oldenburg a, pour sa part, mis au point le modèle de prévision Previento. En Espagne, les chercheurs

de REE (gestionnaire du réseau électrique) et du Ciemat (centre de recherches sur l'énergie, l'environnement et les technologies) travaillent sur le modèle Sipleolico de prédiction de production à 48 h. “ *L'éolien a déjà un taux de pénétration qui dépasse 20 % de la production dans certaines régions, alors que la puissance de 3 000 MW actuellement installée en Espagne doit encore tripler*”, annonce Ignacio Marti, chercheur au Ciemat. “ *Or l'efficacité du réseau électrique chute si on ne dispose pas d'une bonne prédiction de production d'électricité éolienne*”. En conséquence, la qualité de la prédiction est l'un des facteurs qui limitent la pénétration maximale de l'électricité d'origine éolienne sur le réseau. Selon David Alvira de REE, on peut aujourd'hui atteindre le taux de 27 % d'électricité provenant de parc éoliens sans impact néfaste. “ *Mais les constructeurs d'aérogénérateurs et les producteurs d'électricité éolienne peuvent encore faire des efforts pour améliorer la sécurité de l'approvisionnement au niveau des machines. Beaucoup privilégient hélas la puissance à la qualité du courant ! Cela permettrait d'augmenter le taux de pénétration de l'éolien*”.

Les prédictions : un facteur d'intégration de l'éolien

Par ailleurs, moins de 60 % de la puissance éolienne installée en Espagne fait aujourd'hui l'objet d'un suivi de production centralisé par REE. “ *Il y a de petits parcs éoliens qui, lorsqu'ils produisent, répondent à une demande d'électricité locale et ne font pas remonter l'information sur cette production. Résultat : nous avons une connaissance imprécise de la demande globale en électricité, et en conséquence il est plus difficile de prévoir les capacités de production à mettre en œuvre pour y répondre*”. La mise en place de systèmes d'échange d'information sur la production instantanée est donc un outil clef pour le gestionnaire du réseau. Mais aussi pour les producteurs éoliens. Ainsi, les pays comme l'Allemagne qui ont un fort maillage éolien “ sous le vent ” peuvent anticiper leurs variations de production en fonction de celle des parcs qui sont “ au vent ”. Avec bien sûr des rôles interchangeable entre informateur et informé, selon la direction du vent. Une chose est certaine : s'il reste beaucoup à faire, notamment sur la prédiction de production, pour faciliter l'intégration des sources d'énergie décentralisées dans le réseau, les producteurs éoliens ont tout intérêt à participer. C'est pour eux une nécessité technico-économique, mais aussi un impératif pour que l'éolien prenne une place de poids dans l'offre globale d'électricité.

• Benoît Garrigues •

Article publié avec l'aimable autorisation de la revue “systèmes solaires”.

www.energies.renovelables.org