



Application des techniques CFD pour l'estimation du gisement éolien

BELABES Belkacem
 Attaché de Recherche
 Division Energie Eolienne - CDER
 E-mail : b.belabes@cder.dz

Introduction

Pour construire un parc éolien, il est nécessaire d'évaluer au préalable le potentiel du vent disponible pour estimer sa production. Généralement, l'emplacement idéal d'un parc éolien est dans les sites plats, en raison notamment de la facilité de la mise en place des éoliennes. Mais ce genre de sites sont presque tous déjà exploités, aussi les développeurs se tournent vers des terrains dont la topographie est complexe. Par ailleurs, le potentiel éolien varie selon la hauteur, le type d'environnement et la nature du sol. Plus la rugosité du sol est importante, plus les sources de turbulences sont importantes (1).

Le gisement éolien selon l'environnement

Sur la figure 1 est représentée en rouge la vitesse du vent (en m/s) pour trois types d'environnement (urbain, plaine, mer). Ces données sont des moyennes indicatives qui peuvent varier selon les différentes régions du monde. Sur l'axe des ordonnées est représentée l'échelle indiquant la hauteur de la nacelle. La puissance moyenne que pourrait fournir une éolienne est donnée en W/m^2 (pour une même hauteur de nacelle et une même longueur de pales). Ainsi, on peut noter qu'une même éolienne produit environ 2 fois plus d'électricité en mer car le vent y est plus régulier.

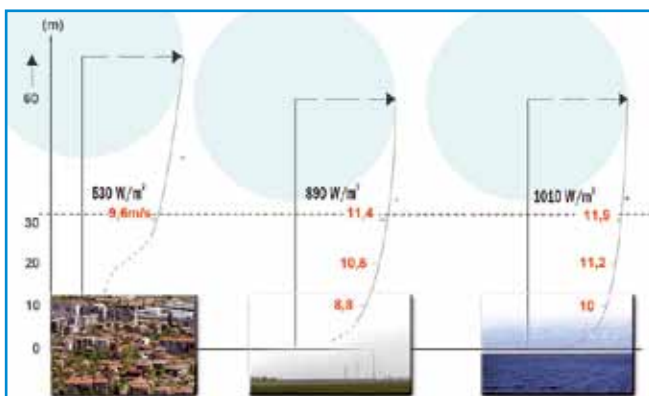


Figure 1. Classes du potentiel éolien selon le type d'environnement (2)

Les ressources éoliennes varient donc avec la topographie et le couvert végétal. Les outils classiques d'évaluation du potentiel éolien ne sont alors pas toujours applicables ou bien adaptés et donc dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser une technique CFD.

La technique CFD

La technique CFD (Computational Fluid Dynamics), consiste à étudier les mouvements d'un fluide (le vent dans notre cas) et ses effets, par la résolution numérique des équations régissant l'écoulement du fluide, les équations résolues pouvant être les équations d'Euler ou les équations de Navier-Stokes.

Si cette technique est utilisée dans l'industrie aéronautique, automobile, dans la météorologie et dans la recherche depuis un grand nombre d'années, son application reste très récente dans le domaine de l'industrie éolienne. Ces dernières années, les techniques de la mécanique des fluides numérique (CFD) et les équipements informatiques ont évolué de manière significative ; ceci a permis d'élargir leur champ d'application comme dans notre cas pour une évaluation du vent autour des obstacles et pour faire des prévisions.

Les méthodes CFD permettent de décrire des estimations de la ressource éolienne en terrain complexe pour des régions quelconques, comme le montre la figure 2. Les résultats de ces calculs de la ressource éolienne sont exploités pour la conception des parcs éoliens.

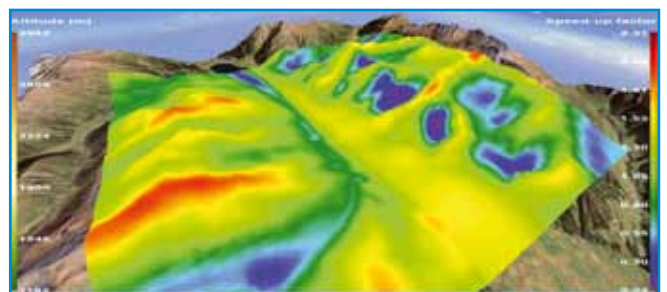


Figure 2. Estimation de la ressource éolienne en terrain complexe (3)

Application pour l'étude du gisement éolien

Selon cette approche, l'étude du comportement du vent autour d'obstacles est effectuée par la résolution des équations de Navier-Stokes, l'objectif étant d'améliorer la prédiction des écoulements turbulents et du gisement éolien dans des terrains vallonnés. Cette technique est appliquée au sein de l'équipe gisement éolien de la Division Énergie Eolienne (DEE) pour l'estimation du gisement éolien dans de petites localités. Nos calculs sont exécutés à l'aide de code_saturne, un code libre développé par EDF (4).



Exemple d'application

A titre d'exemple, on présente dans ce qui suit les résultats de simulation de l'écoulement autour d'une colline, un calcul basé sur la résolution des équations moyennées de Navier Stokes. La caractéristique topographique de la colline étudiée est une bosse en deux dimensions avec une faible courbure (exemple : une faible colline). La hauteur H et la longueur L de la colline modèle sont respectivement 40 mm et 200 mm (Figure 3).

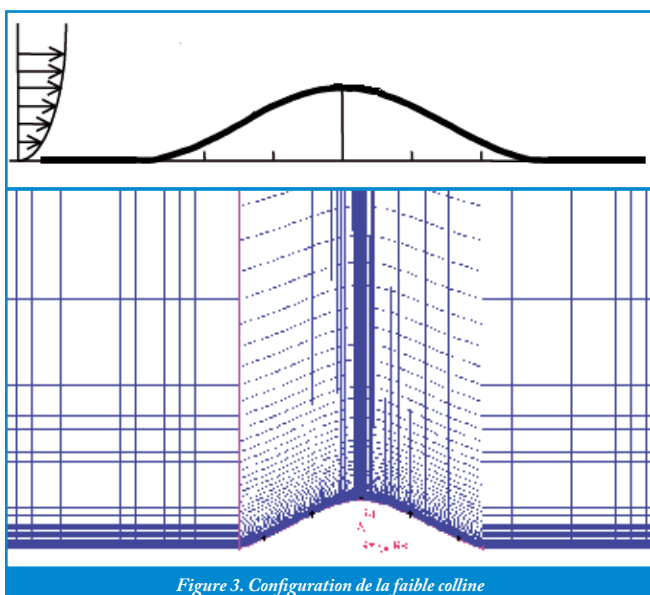


Figure 3. Configuration de la faible colline

Le domaine de calcul s'étend sur $60H$ dans le sens horizontal et $22.5H$ dans la direction verticale. Ce domaine est discrétisé en 110×50 mailles. La densité du maillage est renforcée

autour de la colline et le long de la surface inférieure de la zone d'écoulement.

Profil de vitesse : sur la figure 4 sont illustrés les résultats calculés à l'aide de code_saturne comparés à des résultats obtenus expérimentalement par Ishihara et al (5). On remarque que les vitesses du vent obtenues par calcul sont en bon accord avec les données expérimentales, que ce soit dans la région qui se trouve en aval de la colline ou celle qui se situe en amont, sur la pente descendante de la colline ou sur la pente ascendante.

Les résultats de ces simulations préliminaires sont en bonne adéquation avec les valeurs expérimentales. Ceci nous permet d'étendre cette approche pour l'estimation du gisement éolien dans les régions vallonnées.

Références

- (1) W. T. Pennel (1983), «An evaluation of the role of numerical wind field models in wind turbine siting» Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington, Rapport Technique PNL-SA-11129, 1983.
- (2) Prioritising Wind Energy Research Strategic Research Agenda of the Wind Energy Sector -Prepared by EWEA, July 2005.
- (3) <http://meteodyn.com/logiciels/meteodyn-wt-cfd-modelisation-vent-parc-eolien-atlas>.
- (4) Archambeau et al. Code_Saturne : a Finite Volume Code for the Computation of Turbulent Incompressible Flows - Industrial Applications, International Journal on Finite Volumes, Vol. 1, 2004, <http://averoes.math.univ-paris13.fr>
- (5) Ishihara, T., Fujino, Y., Hibi, K, 2001. A wind tunnel study of separated flow over a two-dimensional ridge and a circular hill. In: Proceedings of the APCWE V, Kyoto, Japan, Oct 21-24, vol. 89, pp. 573-576.

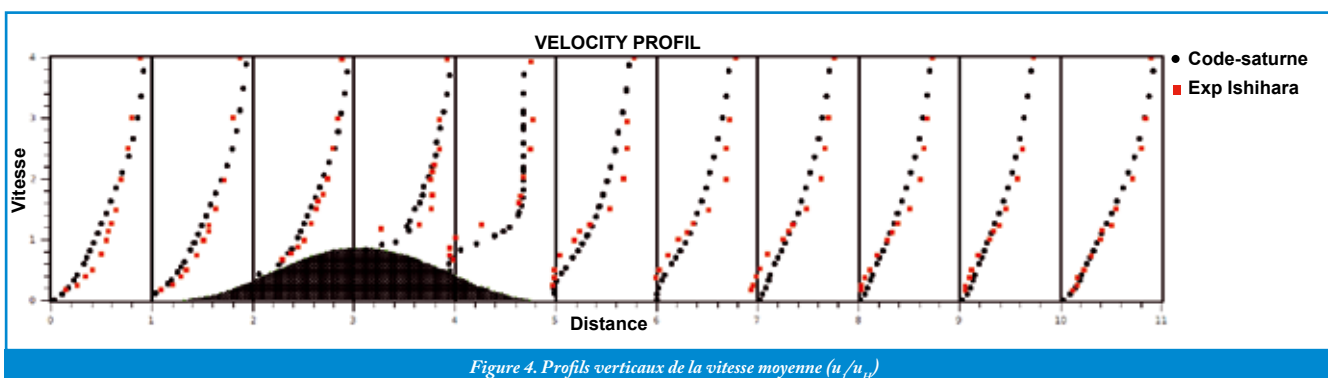


Figure 4. Profils verticaux de la vitesse moyenne (u/u_0)