

Chapitre 1

Caractéristiques du vent

Météorologie du vent, distribution, variation de la vitesse du vent

Le vent

Définition, mesure et unités de mesures

En météorologie, le **vent** désigne le **mouvement horizontal de l'air**. Sa mesure comprend deux paramètres : sa **direction** et sa vitesse ou **force**. La vitesse est exprimée communément en km/h ou m/s. Marins et pilotes utilisent les nœuds (1 nœud = 1,852 km/h). La mesure du vent est toujours une moyenne sur une période donnée. L'anémomètre permet de mesurer la vitesse du vent.

La girouette mesure la direction du vent en s'orientant dans le sens du vent.

On distingue trois classes : instantané, vent moyen et rafale

Le vent instantané est mesuré sur une période de 3s

que le vent moyen est calculé sur une période de 10 minutes.

Une rafale est une brusque augmentation du vent instantané, dépassant le vent moyen de plus de 10 nœuds (18 km/h).

1.1 Production éolienne

La ressource éolienne provient du déplacement des masses d'air qui est dû indirectement à l'ensoleillement de la terre. Par le réchauffement de certaines zones de la planète et le refroidissement d'autres, une différence de pression est créée et les masses d'air sont en perpétuel déplacement

2.1 Distribution de Weibull

Comme c'est difficile de manipuler l'ensemble des données relatives à une distribution de la fréquence du vent, il est plus convenable pour des considérations théoriques, de modéliser l'histogramme des fréquences des vitesses du vent par une fonction mathématique continue que par une table de valeurs discrète.

2.1.1 La fonction de densité de probabilité (PDF) de la distribution de Weibull

La fonction de densité de probabilité (PDF) de la distribution de Weibull pour la vitesse du vent est une fonction mathématique qui décrit la probabilité de trouver une vitesse du vent donnée dans une plage spécifique. Cette distribution est couramment utilisée pour modéliser la variation des vitesses du vent dans des applications liées à l'énergie éolienne.

On peut donc opter pour le modèle de Weibull. En effet, pour des périodes allant de quelques semaines jusqu'à une année, la fonction de Weibull représente raisonnablement les vitesses observées. Il s'agit d'une fonction de densité de probabilité, s'exprimant sous la forme:

$$P(V) = \left(\frac{K}{C} \right) \left(\frac{V}{C} \right)^{k-1} \exp \left(- \left(\frac{V}{C} \right)^k \right)$$

Avec:

$P(v)$ est la densité de probabilité de la vitesse V

K : Le facteur de forme de la courbe (sans dimension), Il donne la forme de la distribution et accepte une valeur de 1 à 3. Une valeur plus faible impliquerait un vent très variable alors qu'un vent constant impliquerait une valeur k plus élevée.

C : Le facteur d'échelle de la courbe de Weibull exprimé en m/s ; il permet d'exprimer la chronologie d'une vitesse caractéristique. C est proportionnel à la vitesse moyenne du vent.

La PDF de la distribution de Weibull permet de calculer la probabilité que la vitesse du vent se situe dans une plage spécifique de valeurs, en intégrant la fonction sur cette plage. Cette distribution est couramment utilisée pour modéliser la variabilité des vitesses du vent dans le cadre de l'évaluation de la production d'énergie éolienne et de la conception de parcs éoliens.

La vitesse moyenne du vent peut être trouvée en intégrant la fonction densité de probabilité, soit donc la formule :

$$V_{\text{moy}} = \int V \times P(V) \times d v$$

2.1.2 La fonction de répartition cumulative (CDF) de la distribution de Weibull

La fonction de répartition cumulative (CDF) de la distribution de Weibull pour la vitesse du vent est une fonction mathématique qui donne la probabilité que la vitesse du vent soit inférieure ou égale à une valeur donnée. Pour une vitesse de vent V , elle est définie par l'équation suivante :

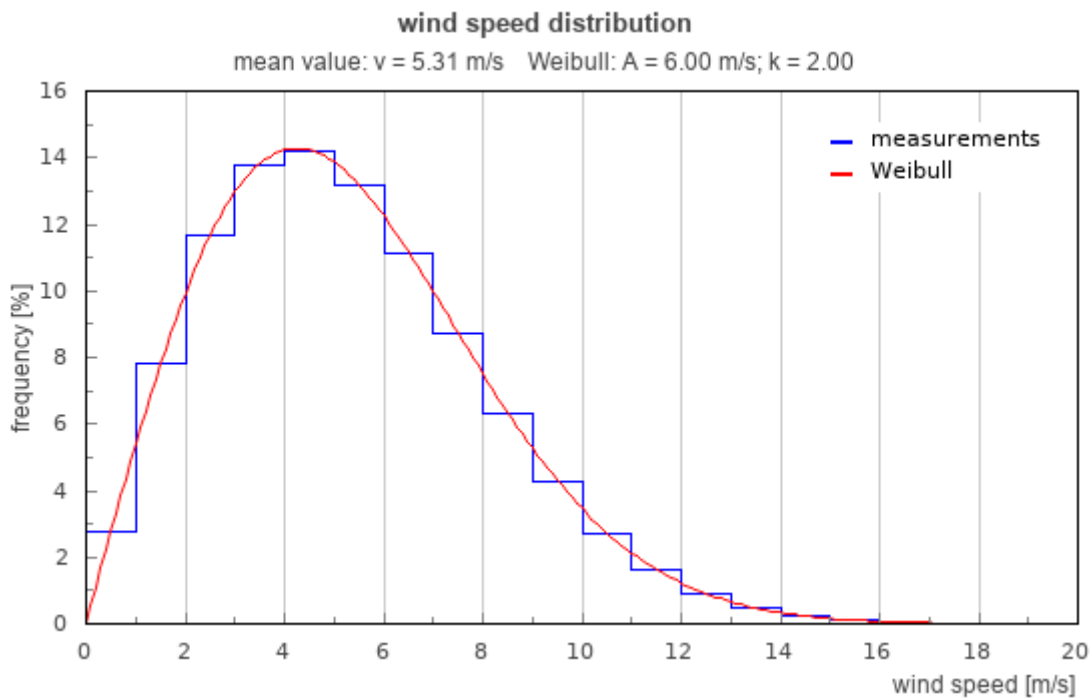
$$F(V, K, C) = 1 - e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^K}$$

La CDF de la distribution de Weibull permet de calculer la probabilité que la vitesse du vent soit inférieure ou égale à une valeur spécifique V . Cette fonction est utile pour évaluer la probabilité de rencontrer des vitesses du vent en dessous d'un seuil donné, ce qui est important dans de nombreuses applications, notamment pour la planification et la gestion de parcs éoliens, la conception de structures résistantes au vent, et d'autres domaines liés à l'énergie éolienne et à la météorologie. Elle est également utilisée pour calculer des quantiles de la distribution de Weibull.

Ainsi, la distribution de Weibull peut faciliter beaucoup de calculs rendus nécessaires par l'analyse des données du vent.

Exemple :

Classe	Fréquence en %
0 - 1 m/s	2.75
1 - 2 m/s	7.80
2 - 3 m/s	11.64
3 - 4 m/s	13.79
4 - 5 m/s	14.20
5 - 6 m/s	13.15
6 - 7 m/s	11.14
7 - 8 m/s	8.7
8 - 9 m/s	6.34
9 - 10 m/s	4.30
10 - 11 m/s	2.73
11 - 12 m/s	1.62
12 - 13 m/s	0.91
13 - 14 m/s	0.48
14 - 15 m/s	0.24
15 - 16 m/s	0.11
16 - 17 m/s	0.05
17 - 18 m/s	0.02
18 - 19 m/s	0.01
19 - 20 m/s	0.00



2.2 Détermination des paramètres de Weibull [2, 3]

Il existe de nombreuses méthodes pour déterminer K et à partir d'une distribution de vent donnée:

$$C = \frac{1.125 \times V_{\text{moy}}}{(1 - B)}$$

$$K = 1 + 0.483 \left(V_{\text{moy}} - 2 \right)^{0.51}$$

$$B = 1 - 0.81 \left(V_{\text{moy}} - 1 \right)^{0.089}$$

Calcul du profil des vents

Au sol, le vent est fortement freiné par des obstacles et par des accidents de terrain. A une certaine hauteur, dans les couches géostrophiques (à env. 5 km de hauteur), le vent ne subit plus l'influence de la surface du sol. Entre les deux, la vitesse du vent varie en fonction de la hauteur. Ce phénomène est connu sous la désignation de cisaillement vertical du vent.

Au-dessus d'un terrain plat et avec une stratification atmosphérique neutre, le profil logarithmique du vent permet une bonne approximation du cisaillement vertical:

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

La vitesse de référence v1 est mesurée à la hauteur de référence h1. v2 est la vitesse du vent à la hauteur h2. z0 est la longueur de rugosité (voir tableau ci-dessous).

Classe de rugosité	Longueur de rugosité z0	Types de surfaces
0	0.0002 m	Eau: mers, lacs
0.5	0.0024 m	Terrains découverts avec surfaces nues. ex: béton, pistes d'atterrissage, gazon tondu, etc.
1	0.03 m	Terrains agricoles découverts, sans clôtures avec des constructions éparpillées et des collines peu profilées
1.5	0.055 m	Terrains agricoles avec quelques bâtiments et des haies de 8 m de hauteur distantes de plus de 1 km
2	0.1 m	Terrains agricoles avec quelques bâtiments et des haies de 8 m de hauteur distantes d'env. 500 m
2.5	0.2 m	Terrains agricoles avec de nombreux bâtiments, des buissons et des plantes ou des haies de 8 m de hauteur distantes d'env. 250 m
3	0.4 m	Villages, petites villes, terrains agricoles avec de nombreuses haies ou de hauts arbres, forêts, terrains très accidentés
3.5	0.6 m	Grandes villes avec de hauts bâtiments
4	1.6 m	Grandes villes avec de hauts bâtiments et des gratte-ciel

Exemple :

hauteur	10m
vitesse du vent	5 m/s
rugosité z0	0.1 m

hauteur	vitesse du vent
150 m	7.94 m/s
140 m	7.87 m/s
130 m	7.78 m/s
120 m	7.70 m/s
110 m	7.60 m/s
100 m	7.50 m/s
90 m	7.39 m/s
80 m	7.26 m/s
70 m	7.11 m/s

60 m	6.95 m/s
50 m	6.75 m/s
40 m	6.51 m/s
30 m	6.19 m/s
20 m	5.75 m/s
10 m	5.00 m/s

