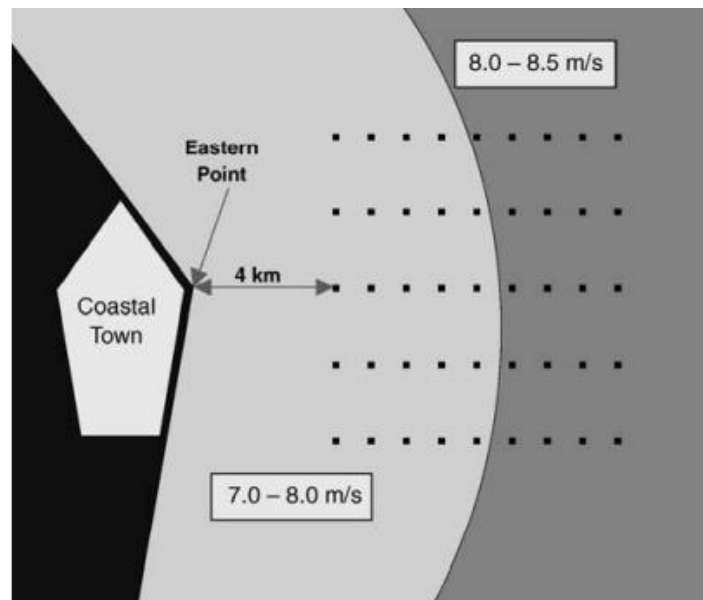


Exercice 8.0 EXERCICES CENTRALES EOLIENNES

Exercice n° 8.1 : Facteur de charge d'un parc maritime

QUESTIONS :

Un promoteur de parc éolien maritime décide d'installer une ferme éolienne de 45 unités au large des côtes écossaises telles que représenté sur la figure suivante :



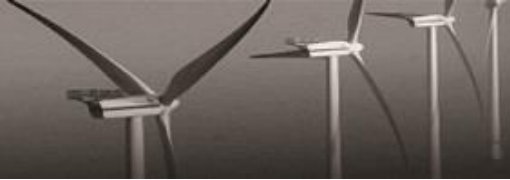
Les éoliennes sont espacées de 2 km dans la direction nord-sud et de 1 km dans la direction est-ouest. L'éolienne la plus proche des côtes est située à 4 km de ces dernières.

La carte des vents montre la vitesse moyenne estimée au niveau du rotor des éoliennes. Le facteur de forme de la distribution de Weibull est de 2,4.

Après avoir obtenu les autorisations, le promoteur se voit dans l'obligation de retirer cinq éoliennes de la zone où la vitesse moyenne du vent est la plus élevée en raison d'épaves de navires devenues sites archéologiques à proximité. Il décide également d'éliminer toutes les turbines dans un rayon de 5,7 km d'Eastern Point pour éviter les conflits avec les pêcheurs de homards qui s'inquiètent des dommages environnementaux causés aux bancs de homards.

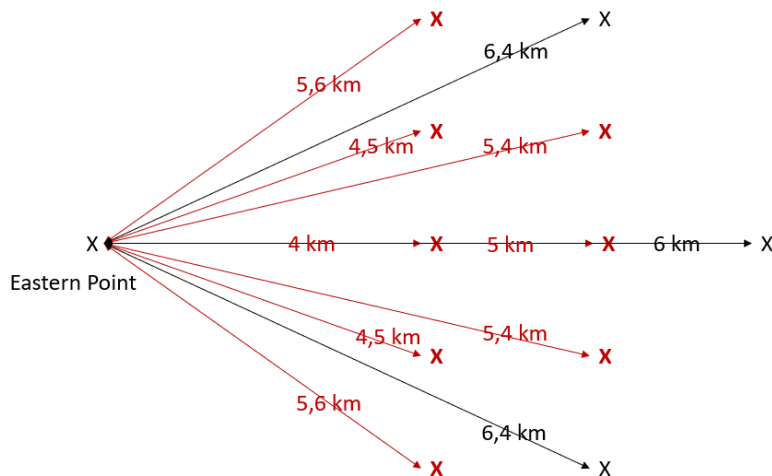
Les éoliennes utilisées ont une puissance nominale de 4 MW. La puissance produite est nulle jusqu'à des vents de 4m/s. Elle est ensuite cubique jusqu'à 13 m/s (moment où l'éolienne atteint sa puissance nominale). Un palier est ensuite observé jusqu'à la vitesse de coupure de 24 m/s.

En supposant une perte de réseau de 15%, quel est le facteur de charge de ce parc éolien ?



REPONSES

La première étape consiste à déterminer les éoliennes trop proches des côtes. Un rapide calcul géométrique (Pythagore) permet de les déterminer (croix rouges) :



Huit éoliennes doivent être retirées de la première zone. Cette zone ne compte donc plus que 16 éoliennes. Cinq éoliennes doivent être retirées de la deuxième zone portant le total à 16 éoliennes pour cette zone. Le parc ne contient alors plus que 32 éoliennes.

Pour ensuite déterminer la loi de probabilité de distribution de la vitesse du vent, il est nécessaire de déterminer le facteur de d'échelle défini de la façon suivante :

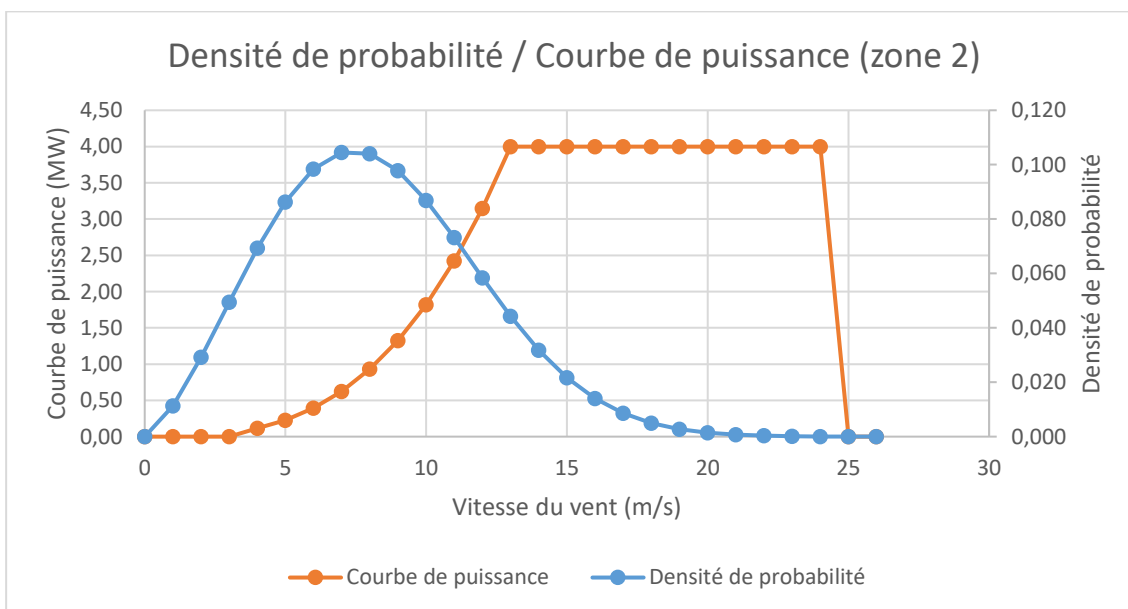
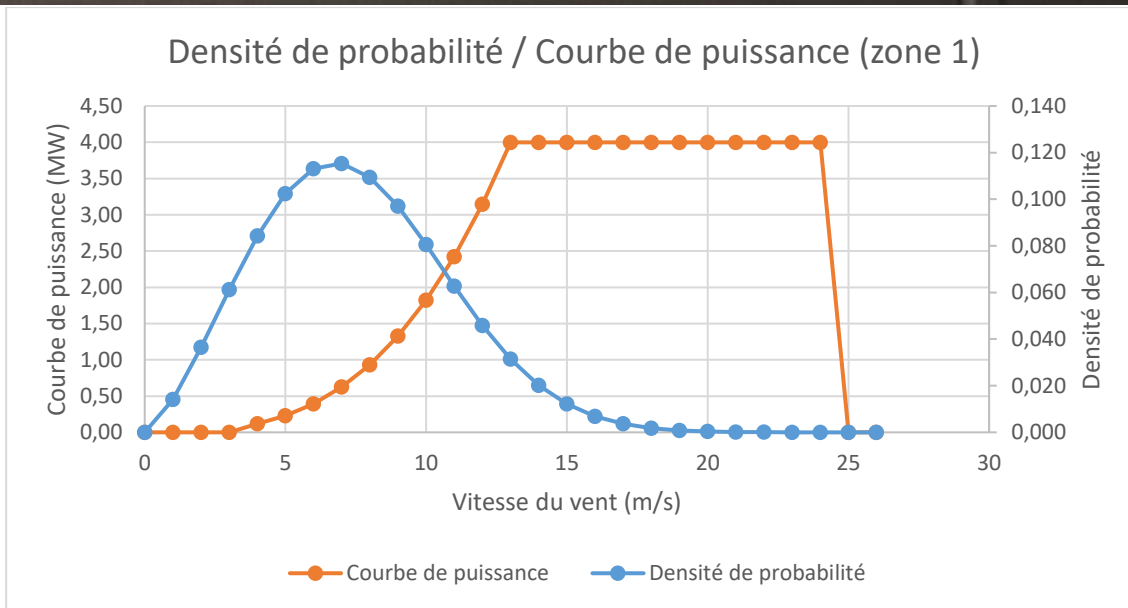
$$\underline{U} = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

Avec $\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$ la fonction gamma hypergéométrique évalué en $1 + \frac{1}{k}$ (déterminée à partir de la fonction excel).

Il est ensuite possible de déterminer le facteur d'échelle c pour les deux sites en prenant une vitesse moyenne de 7,5 m/s pour la première zone et 8,25 m/s pour la deuxième.

Une fois les facteurs d'échelles déterminés, il est possible de représenter la densité de probabilité de la vitesse du vent et le nombre d'heures obtenues annuellement pour une vitesse de vent donnée, et ce, pour les deux zones.





Il est alors possible de déterminer la production totale d'une éolienne pour chacun des sites (cf. excel) :

$$P_{\text{éolienne}_1} = 9,9 \text{ GWh}$$

$$P_{\text{totale}_1} = 16 * 9,9 = 158,6 \text{ GWh (valeur exacte)}$$

$$P_{\text{éolienne}_2} = 12,3 \text{ GWh}$$

$$P_{\text{totale}_2} = 16 * 12,3 = 196,2 \text{ GWh (valeur exacte)}$$

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{totale}_1} + P_{\text{totale}_2} = 354,9 \text{ GWh}$$



Il faut désormais appliquer les pertes de réseau rencontrées dans le parc :

$$P_{réelle} = (1 - Pertes) * (P_{totale_1} + P_{totale_2}) = 301,6 \text{ GWh}$$

Il ne reste alors plus qu'à déterminer le facteur de charge du parc éolien :

$$FC = \frac{P_{réelle}}{Capacité_{installée} * 8760}$$

$$FC = \frac{301,6 * 1000}{4 * 32 * 8760}$$

$$FC = 26,9\%$$