

Eolienne Offshore Haliade 150

Mise en situation

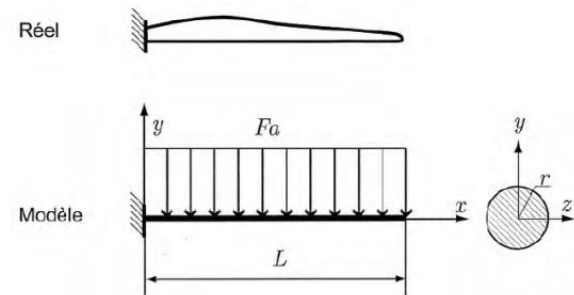
Pour répondre aux contraintes strictes imposées par l'environnement marin, Alstom a développé une éolienne simple, robuste et efficace. Cette éolienne fonctionne sans boîte de vitesse grâce à un entraînement direct breveté par Alstom, le système PURE TORQUE.



Objectif :

Il s'agit de rechercher le matériau, de masse volumique ρ , qui permettra de minimiser la masse m de chaque pale et de résister aux contraintes mécaniques. Dans une première approche, on fait l'hypothèse que chaque pale est pleine, de longueur L (imposée) et de section circulaire de rayon r (libre). Chaque pale est supposée encastree à une extrémité dans le hub, et principalement soumise à une sollicitation de flexion due à la charge uniformément répartie F_a .

La charge F_a qui peut mener à la rupture de la pale s'exprime en fonction de la contrainte maximale $\sigma_{\max}$ et du moment quadratique I_{GZ} de la manière suivante : $F_a = \frac{\sigma_{\max} I_{GZ}}{\frac{L^2}{2}}$ et $I_{GZ} = \frac{\pi r^4}{2}$



Q1. Déterminer les fonctions f_1 , f_2 et f_3 telles que : $m = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$ avec :

- f_1 : fonction des données matériau (ρ , $\sigma_{\max}$)
- f_2 : fonction de la géométrie (L)
- f_3 : fonction du chargement (F_a)

Réponse :

$$m = \rho \pi r^2 L$$

$$I_{GZ} = \frac{F_a}{\sigma_{\max}} \frac{L^2}{2} r \quad \text{et donc} \quad \frac{F_a}{\sigma_{\max}} \frac{L^2}{2} = \frac{\pi r^3}{4}$$

$$\text{On en déduit} \quad r^2 = \left(\frac{2F_a}{\sigma_{\max}} \frac{L^2}{\pi} \right)^{2/3} \quad \text{puis} \quad m = \rho \pi L \left(\frac{2F_a}{\sigma_{\max}} \frac{L^2}{\pi} \right)^{2/3}$$

On en conclue que $m = f_1 \times f_2 \times f_3$

$$\text{avec} \quad f_1 = \frac{\rho}{\sigma_{\max}^{2/3}}, \quad f_2 = 2^{2/3} \pi^{1/3} L^{7/3}, \quad f_3 = F_a^{2/3}$$

Le diagramme (log-log) Contrainte maximale $\sigma_{\max}$ / Masse volumique ρ permet de choisir un matériau en fonction de I_p , l'indice de performance, tel que : $I_p = \frac{\sigma_{\max}^n}{\rho}$

Q2. Parmi les matériaux retenus dans le diagramme, sélectionner le plus performant en expliquant la méthode utilisée.

Minimiser la masse revient à minimiser f_1 . L'indice de performance est donc $I_p = \frac{\sigma_{\max}^{2/3}}{\rho}$.

Sur le diagramme, on déplace la droite de pente $\frac{\sigma^{2/3}}{\rho}$ le plus vers le haut.

On choisit alors les matériaux situés sur cette droite.

Le critère de résistance implique de choisir le matériau de plus grande résistance en traction.

On en conclue que les CFRP sont un bon choix.

Q3. Proposer un procédé de fabrication adéquat pour le matériau choisi. Justifier votre réponse.

La fibre de verre ou de carbone est placée dans un demi-moule longitudinal d'une demi-pale.

Elle est imprégnée de résine sous vide. Les deux demi-moules sont assemblés par la suite. Une nouvelle stratification est alors nécessaire au niveau du plan de joint.

La fibre peut aussi être pré-imprégnée de résine avant la mise en place dans le moule. On laisse dépasser de la fibre du demi-moule, de sorte que lors de l'assemblage des deux demi-pales, un chevauchement des fibres soit possible au niveau du plan de joint.

On « gonfle » alors l'intérieur du moule afin d'obtenir un bon chevauchement des fibres

Diagramme de choix d'un matériau

