

Dernière mise à jour	Dessin	Denis DEFAUCHY
16/12/2014	Aérogénérateur	Pour le / /

A. Mise en situation

A.I. Présentation générale

A.I.1 Energie éolienne - Contexte

Le principe de base d'un aérogénérateur est de transformer l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis électrique. Si le premier aérogénérateur est apparu au Danemark à la fin du XIXème siècle, le concept est quant à lui beaucoup plus ancien. En effet, dès l'antiquité, les hommes ont su tirer parti des ressources naturelles, et l'énergie éolienne fut d'abord exploitée pour la navigation puis pour le fonctionnement des moulins.

De nos jours, l'énergie éolienne connaît un essor : d'une part, des préoccupations environnementales encouragent le développement de voies de production d'électricité « propres ». D'autre part, les avancées remarquables dans le domaine éolien ont permis d'abaisser de manière significative les coûts de production d'électricité par voie éolienne. Deux marchés parallèles se sont développés : l'éolien pour le particulier et l'éolien couplé au réseau de production traditionnel.

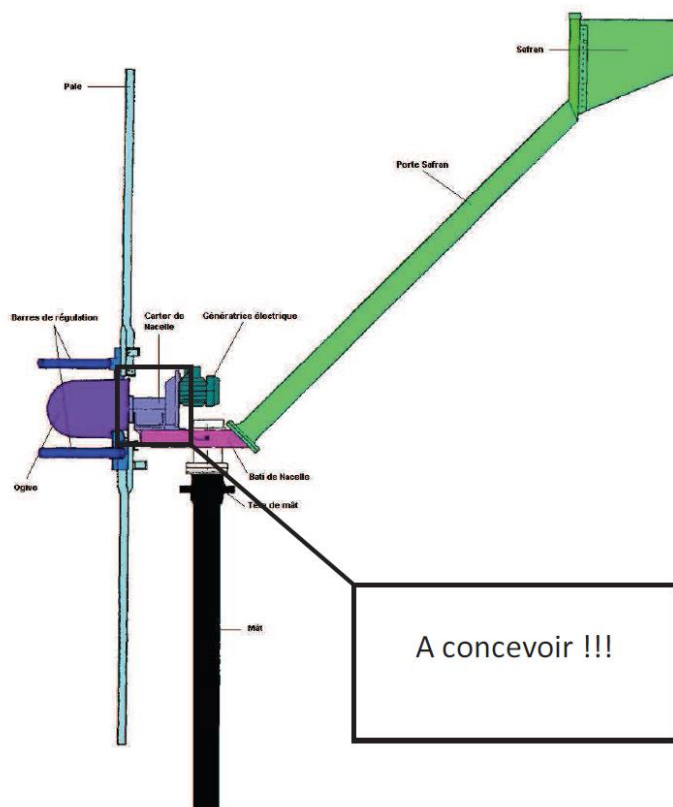
A.I.2 Présentation de l'aérogénérateur Vergnet GEV

L'aérogénérateur Vergnet GEV 5/5 est un aérogénérateur bipale de faible puissance, 5kW maximum pour un vent nominal de 15 m/s. Il est destiné principalement à l'alimentation de stations de pompage autonomes ou à la charge de batteries, pour l'alimentation en électricité de sites isolés, non raccordés au réseau électrique.

A.I.3 Les sous-ensembles - Description du fonctionnement

La figure de la page ci-contre présente les différentes parties de l'aérogénérateur Vergnet GEV 8/8 :

- Un mât haubané
- Une nacelle orientable par rapport au mât supportant la génératrice électrique
- Un safran orientant dans le vent l'aérogénérateur
- Une hélice comportant l'ogive et deux pâles



Dernière mise à jour	Dessin	Denis DEFAUCHY
16/12/2014	Aérogénérateur	Pour le / /

La nacelle est en liaison pivot d'axe vertical par rapport au mât. L'hélice est en liaison pivot d'axe horizontal par rapport à la nacelle. Chaque pale est en liaison pivot avec l'ogive, d'axe perpendiculaire à l'axe de rotation de l'hélice.

L'énergie du vent est transformée en énergie mécanique par les pâles de l'hélice entraînant l'ogive en rotation. La circulation de l'air autour des pâles crée une force aérodynamique à l'origine d'un couple sur l'axe de l'ogive. L'ogive entraîne alors l'axe du rotor qui transmet l'énergie à la génératrice. La génératrice transforme enfin l'énergie mécanique en énergie électrique.

La génératrice utilisée est prévue pour tourner plus vite que les hélices entraînées par le vent. La transmission se fait donc au travers d'un multiplicateur de vitesse.

Il est nécessaire d'assurer une régulation de la vitesse de rotation du rotor afin d'obtenir un courant de sortie de génératrice constant. La régulation est en partie assurée par des barres de régulation liées aux pâles, qui possèdent une mobilité en rotation autour de leur axe par rapport à l'ogive. Elles permettent de changer l'orientation des hélices face au vent (incidence) en modifiant leur pas.

Afin d'optimiser le fonctionnement de l'éolienne, un safran permet d'orienter l'aérogénérateur face au vent.

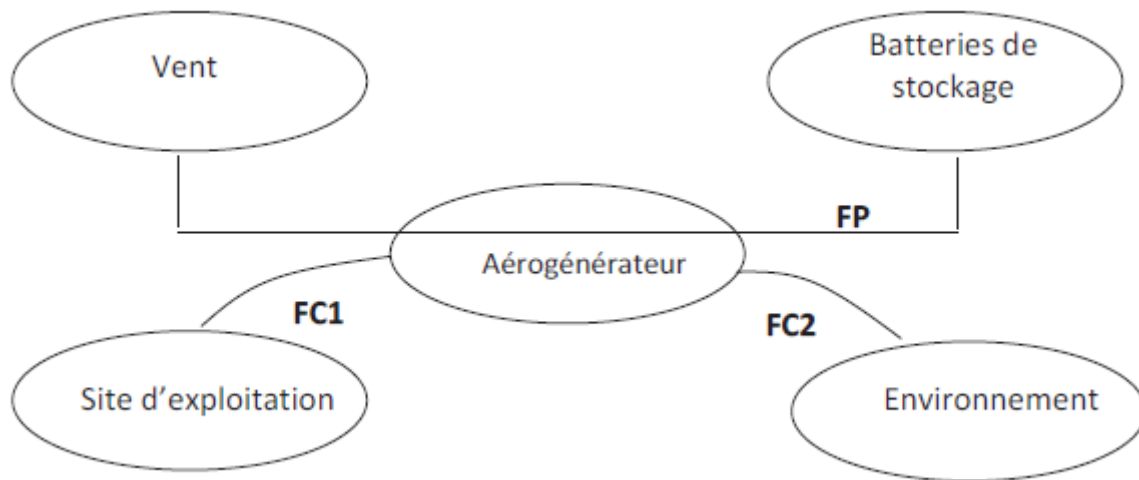
A.I.4 Partie à concevoir

Dans cette étude, nous nous intéressons au dimensionnement, au choix de composants et à la conception de la liaison pivot de l'arbre entre l'hélice et la nacelle.

Dernière mise à jour	Dessin	Denis DEFAUCHY
16/12/2014	Aérogénérateur	Pour le / /

A.II. Analyse fonctionnelle du besoin – Extraits

A.II.1 Diagramme des interacteurs



A.II.2 Caractérisation des fonctions de service et des contraintes

FP : Convertir l'énergie cinétique du vent en énergie électrique stockable dans des batteries

FC1 : S'adapter au site d'exploitation

FC2 : Résister à l'environnement extérieur

Fonctions	Critères	Niveau	Flexibilité
FP	Vitesse nominale du vent Puissance délivrée Fréquence nominale de rotation de l'hélice Fréquence nominale de rotation du générateur Durée de vie	11 m/s 5 kW 300 tr/min 1000 tr/min 20 ans	+ - 5 % +/- 5 % + - 10 %
FC1	Fixation		
FC2	Étanchéité Résistance à la corrosion Résistance aux vents violents	Parfaite Tous les composants 110 m/s	

Dernière mise à jour	Dessin	Denis DEFAUCHY
16/12/2014	Aérogénérateur	Pour le / /

B. Travail demandé

B.I. Dimensionnement de l'arbre à la torsion

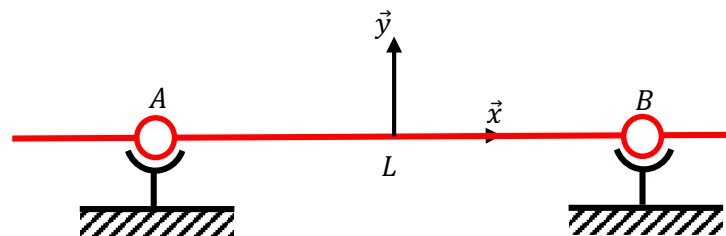
Le matériau de l'arbre est du 10 Ni Cr 6 pour lequel la résistance élastique vaut 500 MPa. On suppose que la sollicitation prépondérante est la torsion. On prend un diamètre d'arbre minimal de 50 mm.

Question 1: Calculer la contrainte maximale due à la torsion dans l'arbre et valider le diamètre minimal à respecter.

B.II. Dimensionnement de la liaison pivot « Arbre d'hélice/Nacelle »

B.II.1 Schématisation et résultats de l'étude statique

Chacun des roulements est arrêté en translation et modélisé par une liaison rotule.



L'étude statique de l'arbre conduit à déterminer les actions dans ces deux rotules :

$$\begin{aligned} \{\mathcal{T}_{Rlt_A \rightarrow arbre}\} &= \begin{pmatrix} X_A & 0 \\ 1080 \text{ N} & 0 \\ -1090 \text{ N} & 0 \end{pmatrix}_A^B \\ \{\mathcal{T}_{Rlt_B \rightarrow arbre}\} &= \begin{pmatrix} X_B & 0 \\ -200 \text{ N} & 0 \\ 590 \text{ N} & 0 \end{pmatrix}_B^B \end{aligned}$$

On a par ailleurs :

$$X_A + X_B = 700$$

B.II.2 Etude du montage de roulements

Question 2: Proposer et justifier le choix du montage de roulements à billes à contact oblique.

Après un dimensionnement en résistance des matériaux de l'arbre, on aboutit à un diamètre de 50 mm avec un coefficient de sécurité proche de 1,5. Le choix est fait de prendre deux roulements identiques en A et B.

Parmi les roulements proposés dans l'annexe en fin de ce dossier, on propose les roulements de caractéristiques suivantes :

d	50 mm
D	90 mm
B	20 mm

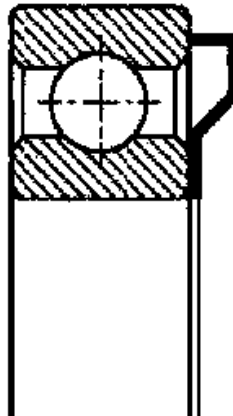
Question 3: Vérifier que ces roulements ont une durée de vie supérieure à celle demandé dans le cahier des charges.

Dernière mise à jour	Dessin	Denis DEFAUCHY
16/12/2014	Aérogénérateur	Pour le / /

B.III. Dessin de construction mécanique

B.III.1 Liaison pivot « Hélice - Nacelle »

Réaliser la liaison pivot par montage en X des roulements proposés. On mettra en place une lubrification à la graisse pour les roulements avec utilisation d'anneaux Nilos représentés sur l'image ci-dessous et chicanes pour confiner la graisse et une lubrification à l'huile pour l'engrainement.



B.III.2 Liaison encastrement « Roue - Arbre d'hélice »

Réaliser la liaison encastrement entre la roue et l'arbre d'hélice en utilisant, entre autre, une clavette dont la rainure est représentée.

B.III.3 Carter

Question 4: Compléter le Dessin du carter sur le plan

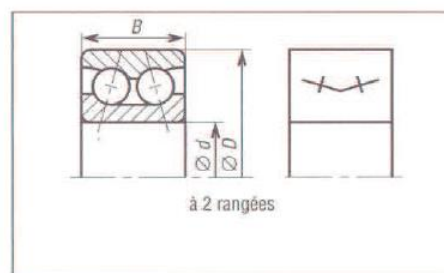
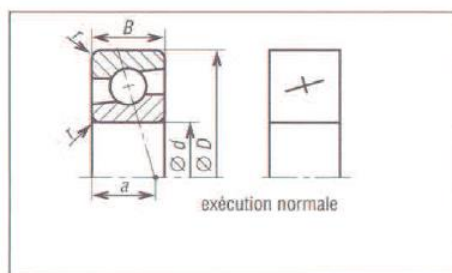
Question 5: Proposer une perspective précise du carter sur votre copie

C. Annexe

Extrait de catalogue de roulements

Valeurs des coefficients X et Y									
roulements à contact oblique									
α degrés	e	roulements à une rangée et roulements en tandem (duplex T)				roulements à deux rangées et duplex en X et en O			
		si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$		si $\frac{F_a}{F_r} > e$		si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$		si $\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
20	0,57	1	0	0,43	1,00	1,0	1,09	0,70	1,63
25	0,68	1	0	0,41	0,87	1,0	0,92	0,67	1,41
30	0,80	1	0	0,39	0,76	1,0	0,78	0,63	1,24
35	0,95	1	0	0,37	0,66	1,0	0,66	0,60	1,07
40 *	1,14	1	0	0,35	0,57	1,0	0,55	0,57	0,93
45	1,33	1	0	0,33	0,50	1,0	0,47	0,51	0,81

pour les angles $\alpha < 20^\circ$ les valeurs de e et y dépendent de $\frac{F_a}{C_0}$
 * la valeur $\alpha = 40^\circ$ est la plus courante



Charge dynamique équivalente	
angle de contact $\alpha = 40^\circ$ roulement à une rangée	
pour $(F_a / F_r) \leq 1,14$	$P = F_r$
pour $(F_a / F_r) > 1,14$	$P = 0,35.F_r + 0,57.F_a$

Charge dynamique équivalente	
angle de contact $\alpha = 30^\circ$ roulement à deux rangées	
pour $(F_a / F_r) \leq 0,80$	$P = F_r + 0,78.F_a$
pour $(F_a / F_r) > 0,80$	$P = 0,63.F_r + 1,24.F_a$

Roulements à contact oblique à une rangée $\alpha = 40^\circ$										Roulements à contact oblique à 2 rangées $\alpha = 30^\circ$									
dimensions principales					vitesse limite tr/min graisse	série de base N°	charges de base			dimensions principales				vitesse limite tr/min graisse	série de base N°	charges de base			
d mm	D mm	B mm	r mm	a mm			C daN	C ₀ daN	C ₂ daN duplex	d mm	D mm	B mm	r mm			C daN	C ₀ daN		
30	62 72	16 19	1,5 2	27 31	10 000 7 500	02 03	2 050 3 100	1 350 1 990	3 350 5 050	30	62 72	23,8 30,2	1,5 2	7 100 6 400	02 03	3 200 4 800	2 700 3 800		
35	72 80	17 21	2 2,5	31 35	8 000 7 000	02 03	2 700 3 650	1 840 2 410	4 400 6 000	35	72 80	27 34,9	2 2,5	6 100 5 700	02 03	4 350 6 100	3 750 4 950		
40	80 90	18 23	2 2,5	34 39	7 000 6 500	02 03	3 200 4 500	2 300 3 000	5 200 7 300	40	80 90	30,2 36,5	2 2,5	5 400 5 000	02 03	5 300 7 100	4 650 6 300		
45	85 100	19 25	2 2,5	37 43	6 500 5 500	02 03	3 600 5 800	2 650 4 000	5 900 9 500	45	85 100	30,2 39,7	2 2,5	5 000 4 500	02 03	4 800 6 900	3 700 5 100		
50	90 110	20 27	2 3	39 47	6 000 5 000	02 03	3 750 6 800	2 850 4 800	6 100 11 100	50	90 110	30,2 44,4	2 3	4 600 4 100	02 03	5 100 8 100	4 200 6 200		
55	100 120	21 29	2,5 3	43 51	5 500 4 500	02 03	4 650 7 900	3 600 5 600	7 500 12 800	55	100 120	33,3 49,2	2,5 3	4 200 3 700	02 03	6 600 11 900	6 900 11 300		
60	110 130	22 31	2,5 2,5	47 56	5 000 4 300	02 03	5 600 9 000	4 450 6 500	9 100 14 600	60	110 130	36,5 54	2,5 2,5	3 800 3 400	02 03	8 400 13 700	8 500 13 300		