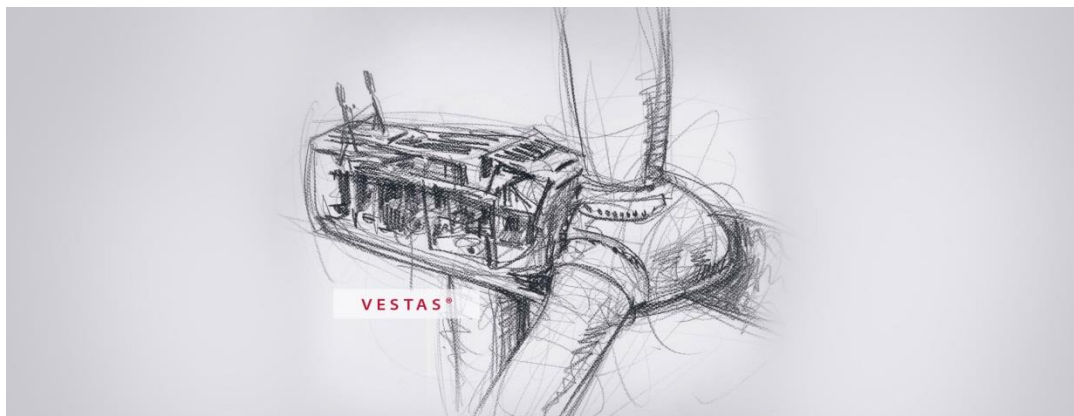


L'éolienne VESTAS V52

Analyse fonctionnelle



I-Présentation de l'éolienne :

1.1-Problématique sur l'exploitation de l'énergie renouvelable

Le développement et l'exploitation des énergies renouvelables ont connu une forte croissance ces dernières années. Pour les prochaines décennies, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle des sources traditionnelles et sur un recours accru aux énergies renouvelables.

Les énergies renouvelables constituent donc une alternative aux énergies fossiles à plusieurs titres :

- elles sont généralement moins perturbatrices de l'environnement,
- elles n'émettent pas de gaz à effet de serre et ne produisent pas de déchets,
- elles sont inépuisables,
- elles autorisent une production décentralisée adaptée à la fois aux ressources et aux besoins locaux,
- elles offrent une importante indépendance énergétique.

1.2-Transformation de l'énergie du vent en électricité :

Pour la suite de cette épreuve, nous nous intéresserons aux dispositifs de conversion permettant de transformer l'énergie éolienne en énergie électrique. Dans un premier temps, nous présenterons les caractéristiques générales d'un aérogénérateur existant, puis nous analyserons les chaînes de conversion mécanique et électrique qui lui sont associées.

1.3-Définition de l'énergie éolienne :

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission, puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'un générateur.

1.4-Constitution de l'éolienne à axe horizontal :

Les éoliennes à axe horizontal sont les plus largement employées. Même si elles nécessitent très souvent un mécanisme d'orientation des pales, elles présentent un rendement aérodynamique plus élevé, démarrent de façon autonome et représentent un faible encombrement au niveau du sol.

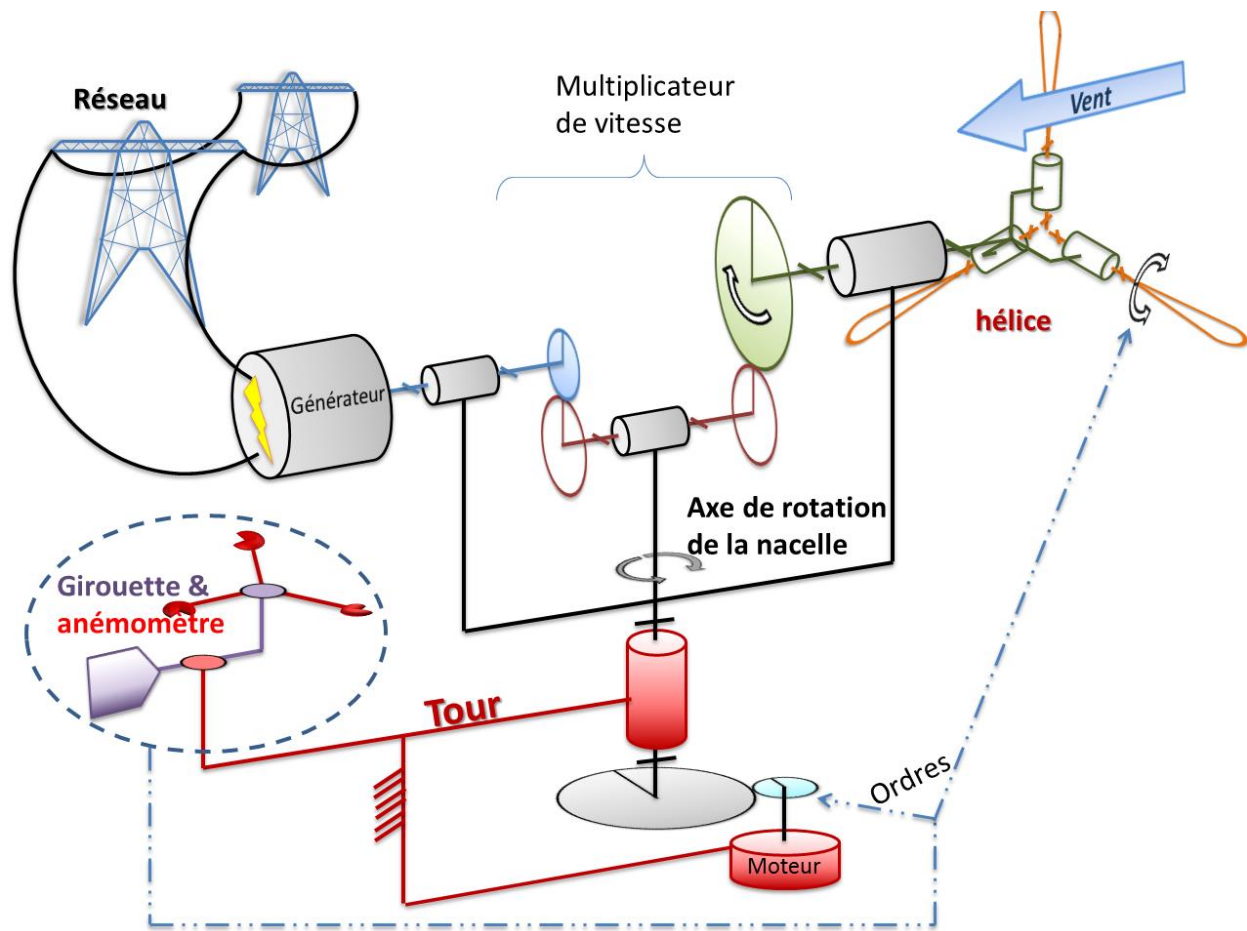
Une éolienne est composée de plusieurs constituants présents sur les schémas suivants : un mat ou tour, supporte la nacelle et le rotor. Il est important qu'il soit haut du fait de l'augmentation de la vitesse du vent avec la hauteur et aussi du diamètre du rotor. Il est tubulaire et contient un ascenseur. La nacelle partiellement insonorisée, avec une armature métallique, accueille le générateur et son système de refroidissement, le multiplicateur de vitesse et les différents équipements électroniques de contrôle qui permettent de commander les différents actionneurs d'orientation ainsi que le fonctionnement global de l'éolienne.

Le multiplicateur de vitesse comporte un arbre lent en sortie du moyeu (après l'hélice) supportant le rotor et un arbre à grande fréquence de rotation (1500 tours/min). Il est équipé d'un frein à disque, auquel est accouplé le générateur. Le multiplicateur de vitesse peut être pourvu d'un système de refroidissement à l'huile.

Le rotor possède trois pales qui permettent de capter l'énergie du vent et de la transférer à l'arbre lent. Un système hydraulique permet d'orienter les pales et de réguler la fréquence de rotation du rotor à une valeur constante. Les pales fournissent également un frein aérodynamique par « mise en drapeau » ou seulement par rotation de leurs



extrémités. Un mécanisme utilisant des moteurs d'orientation permet de diriger la nacelle face au vent. Un anémomètre et une girouette situés sur le toit de la nacelle fournissent les données nécessaires au système de contrôle pour orienter l'éolienne et la déclencher ou l'arrêter selon la vitesse du vent.



1.5-Fonctionnement :

Quand le vent se lève, l'unité centrale grâce à la girouette située à l'arrière de la nacelle, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent. Les trois pales sont mises en mouvement par la seule force du vent. Elles entraînent avec elles, l'arbre principal qui est lié à l'arbre d'entrée du multiplicateur.

Dès que la vitesse du vent sera suffisante (4 m/s soit environ 15 km/h), l'éolienne peut être couplée au générateur par l'arbre de sortie du multiplicateur et peut fournir de l'électricité au réseau. Les pales tournent alors à une fréquence de rotation de 30 tours par minute et entraînent le générateur à 1500 tours par minute. Cette fréquence de rotation restera constante tout au long de la période de production. Lorsque la vitesse du vent atteint (14 m/s soit 50 km/h), l'éolienne fournit sa puissance nominale. Le générateur délivre alors un courant électrique alternatif à la tension de 690 volts à 50 Hz dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent. Ainsi, lorsque la vitesse du vent croît, la portance s'exerçant sur les pales augmente et la puissance délivrée par le générateur s'accroît.

Pour des vitesses de vent supérieures à 14 m/s (soit environ 50 km/h), la puissance est maintenue constante en réduisant progressivement la portance des pales. L'unité hydraulique régule cette portance en modifiant l'angle de calage des pales qui pivotent sur leurs axes.



Lorsque la vitesse du vent dépasse 25 m/s (soit 90 km/h), les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du vent) et leur portance devient quasiment nulle. Tant que la vitesse du vent reste supérieure à 90 km/h, le rotor de l'éolienne est « en roue libre » et le générateur est déconnecté du réseau : l'éolienne ne produit plus d'électricité. Dès que la vitesse du vent diminue, l'éolienne se remet en production.

Toutes ces opérations sont entièrement automatiques et gérées par l'unité centrale. En cas d'arrêt d'urgence, un frein à disque placé sur l'arbre rapide du multiplicateur permet de stopper l'éolienne afin d'éviter sa destruction.

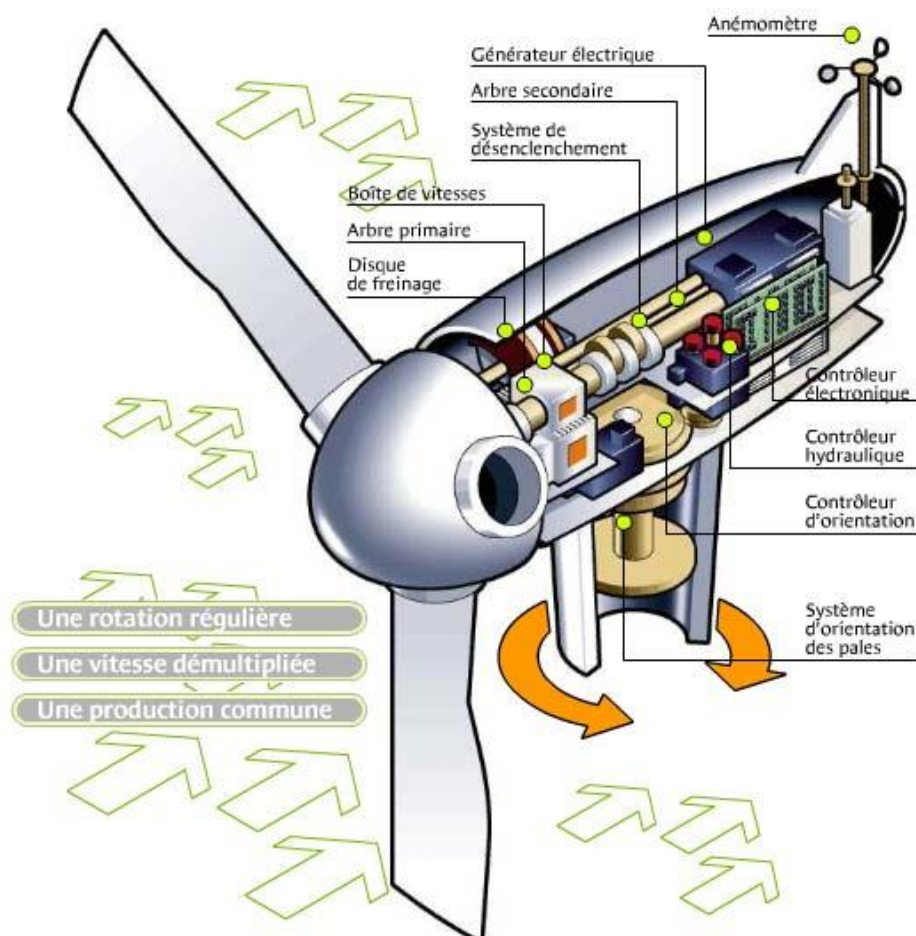
Au pied de l'éolienne, un transformateur convertit la tension de 690 volts en 20000 volts, tension du réseau national d'Électricité de France sur lequel toute l'électricité produite est déversée.

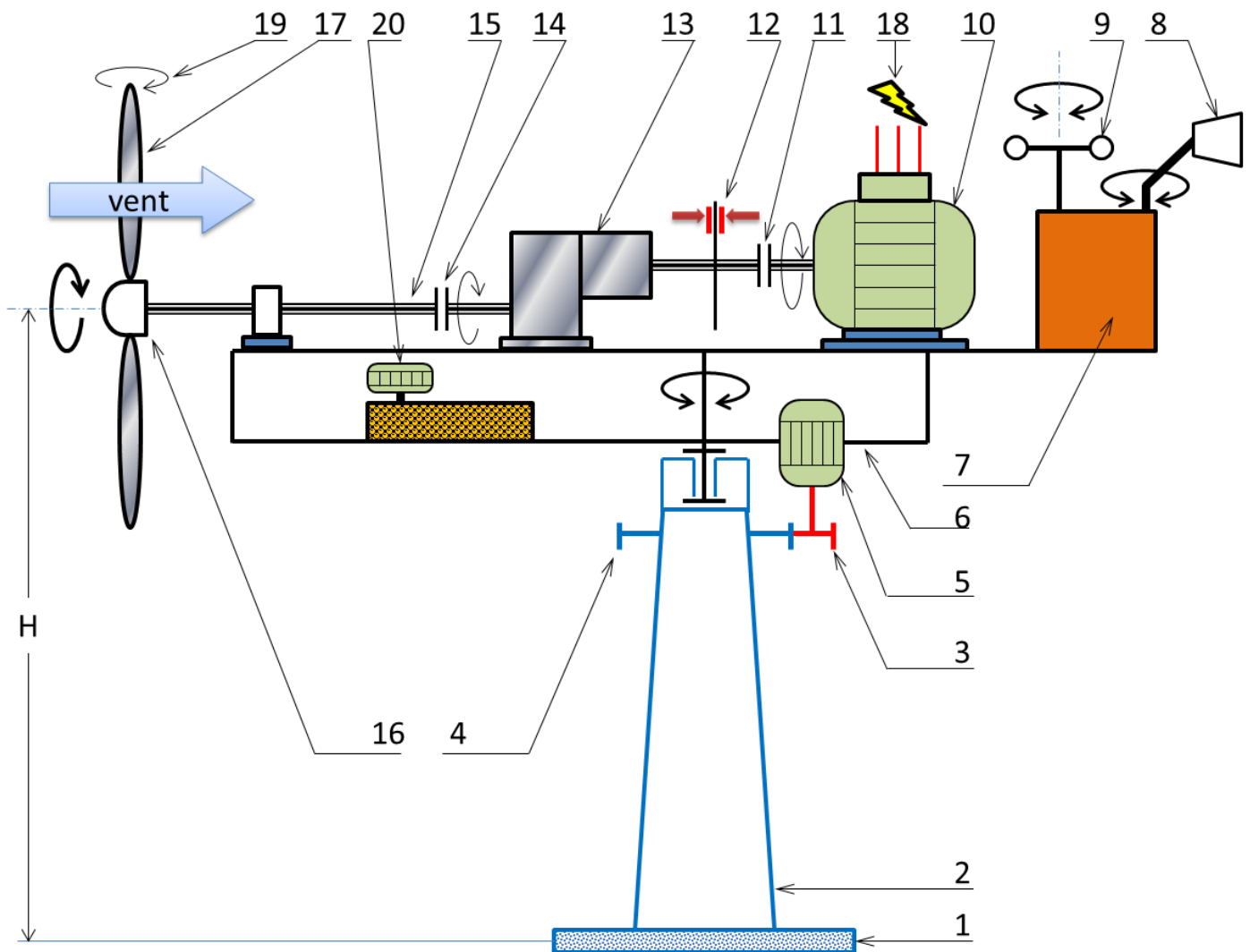
1.5-Présentation du système étudié

L'éolienne que nous allons étudier correspond à la catégorie moyenne selon sa puissance nominale délivrée au réseau. Il s'agit de l'éolienne polyvalente V52-850 kW fabriquée par la société Danoise VESTAS.

Voici ses caractéristiques techniques :

Diamètre du rotor : 52 m	Vitesse de coupure : 25 m/s
Hauteur du Moyeu : 55 m	Frein aérodynamique et régulation des pales par 3 vérins hydrauliques indépendants
Vitesse de démarrage : 4 m/s	Générateur type : asynchrone Puissance nominale : 850 KW Tension : 690 V 50 Hz
Vitesse nominale : 14 m/s	Fréquence de rotation du rotor : 30 tr/min





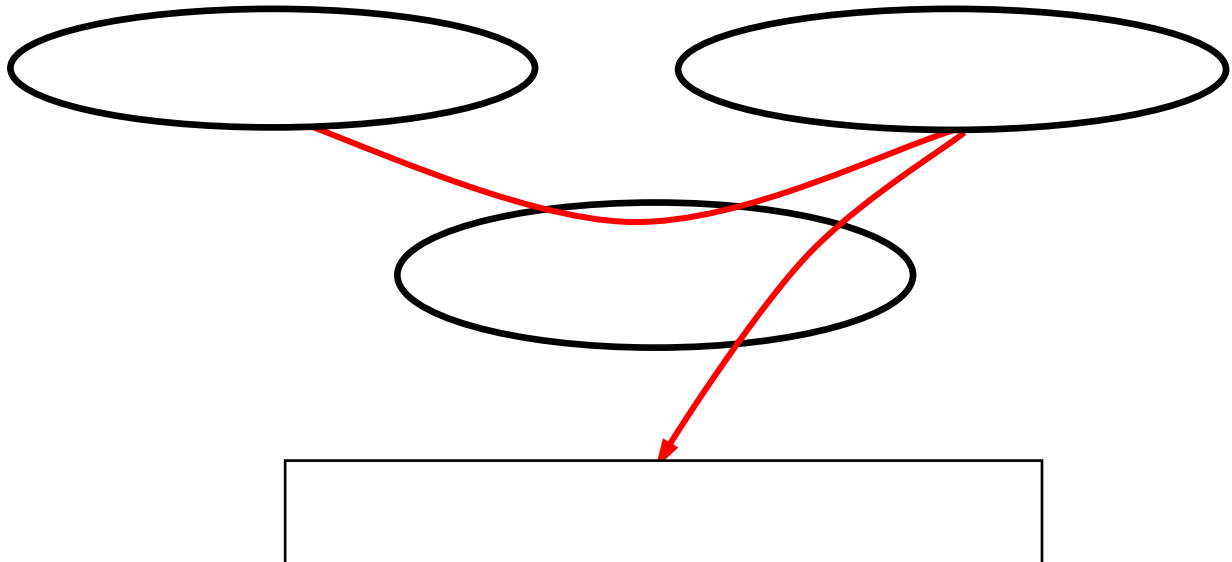
Repère	Désignation	Repère	Désignation
1	Fondation	11	Accouplement à haute fréquence de rotation
2	Tour	12	Frein à disque
3	Pignon d'entraînement de la nacelle	13	Multiplicateur de vitesse
4	Roue dentée liée à la tour	14	Accouplement à basse fréquence de rotation
5	Moteur d'orientation de la nacelle	15	Arbre lent
6	Nacelle orientable	16	Moyeu du rotor à 3 pales
7	Unité centrale	17	Pale à pas variable
8	Girouette	18	Réseau électrique
9	Anémomètre	19	Système de régulation du pas des pales
10	Générateur	20	Groupe hydraulique



II-Analyse du système

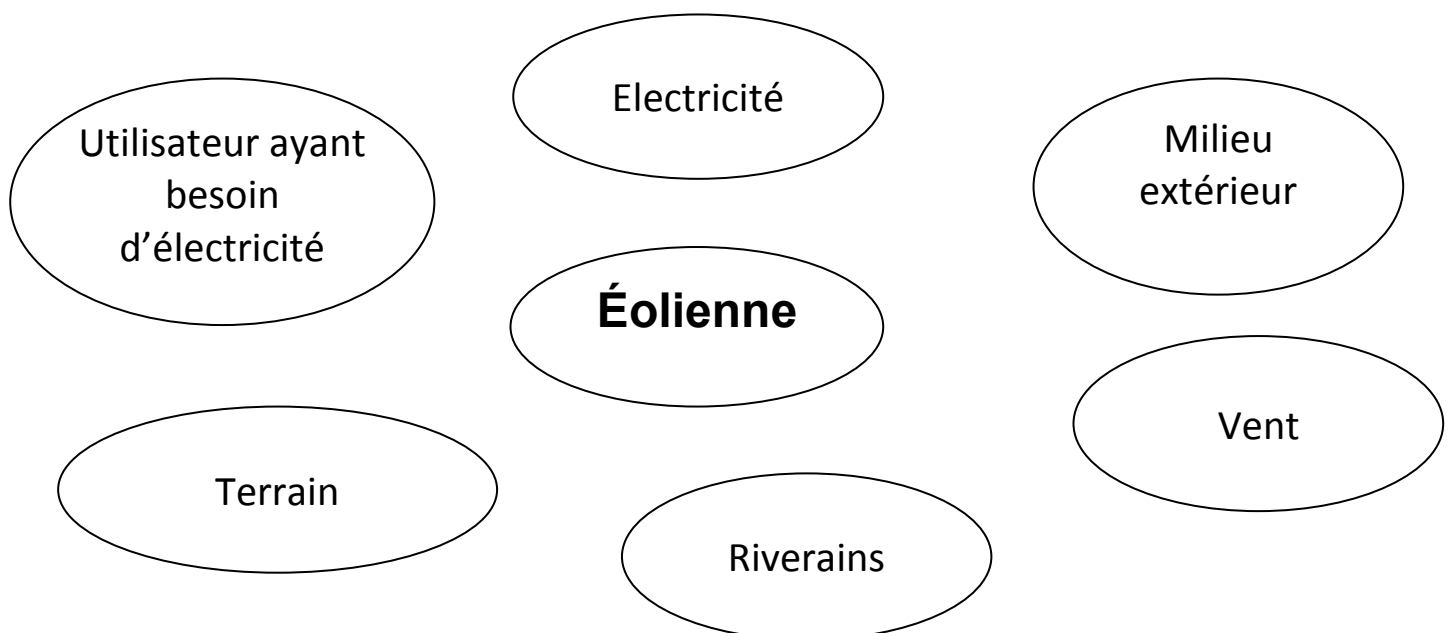
2.1-Bête à corne

✎ Complétez le diagramme ci-dessous :



2.2-Diagramme pieuvre

✎ À partir des fonctions de service page suivante, complétez le diagramme "Pieuvre", ou graphe des interactions, en indiquant pour chaque fonction si elle est principale ou contrainte ainsi que son numéro.



Fonction de service :

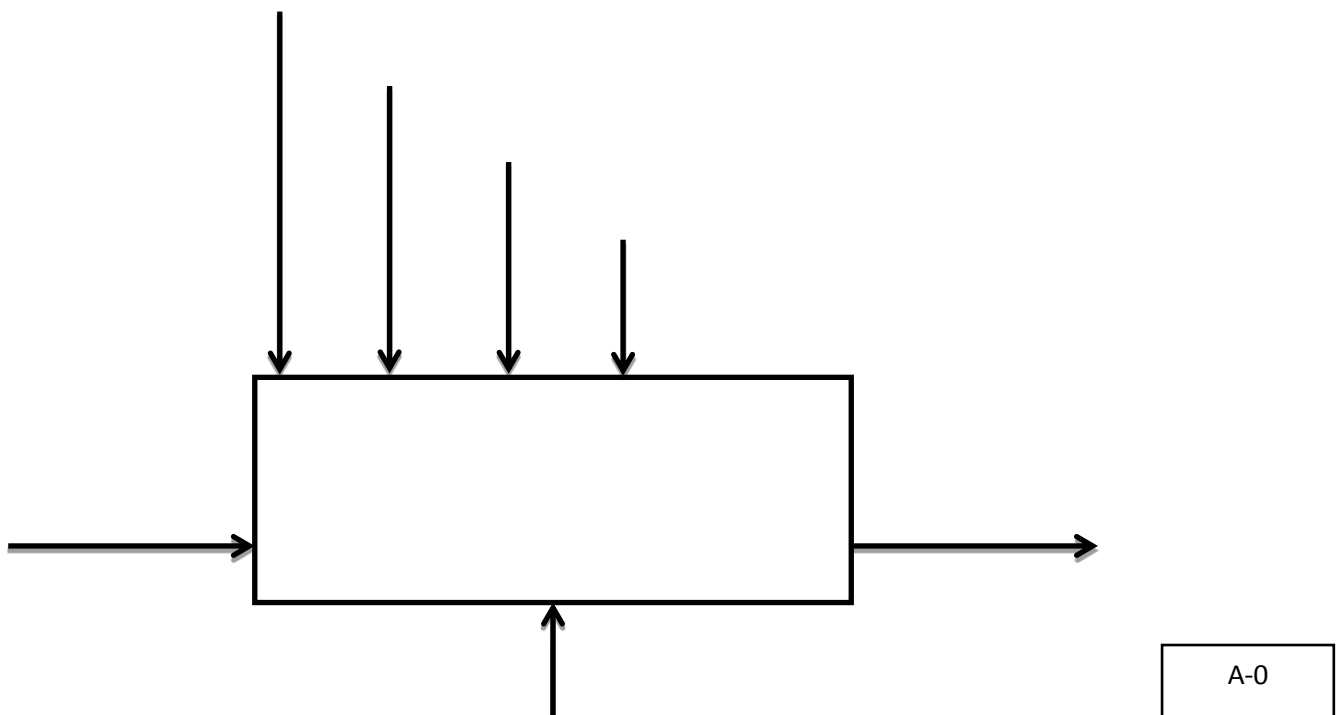
Fonction principale	Fonction contrainte	Description de la fonction
		Ne pas gêner les riverains
		Résister au milieu extérieur
		Produire de l'électricité exploitable
		Permettre une implantation aisée
		Produire quel que soit la vitesse du vent
		Ne pas gâcher le paysage

2.3-Diagramme S.A.D.T.

✎ **Complétez en vous aidant des propositions suivantes le diagramme A-0**

Fonctions spécifiques du sous-système classées dans le désordre :

Voyants de signalisation	Energie cinétique du vent
Produire de l'électricité en convertissant l'énergie éolienne	Energie électrique
Energie électrique fournie par l'éolienne	Orientation de la nacelle et régulation des pales
Eolienne	Programme sélectionné
Consignes utilisateur et vitesse du vent	Energies perdues



✎ Compléter le tableau ci-dessous en associant pour chacun des sous-systèmes sa fonction spécifique prise dans le tableau des propositions. Pour cela vous vous aiderez du diagramme A0 qui est sur la page d'après.

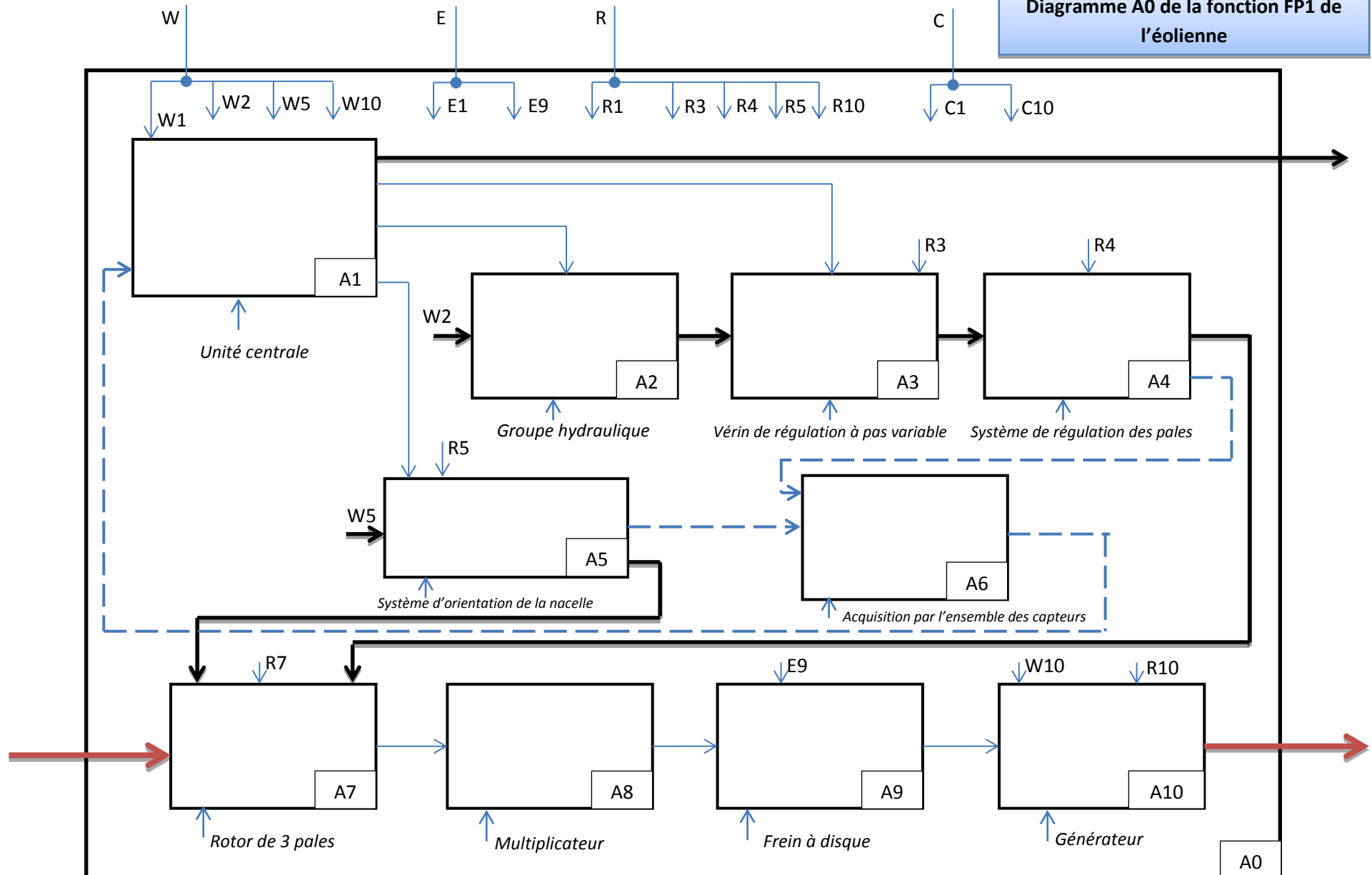
S-système	Fonction spécifique	S-système	Fonction spécifique
A1		A6	
A2		A7	
A3		A8	
A4		A9	(A)
A5		A10	

Tableau des propositions :

(A)	Stopper l'arbre rapide par rapport au bâti	(F)	Acquérir les paramètres des sorties
(B)	Adapter l'énergie mécanique	(G)	Traiter les données et élaborer les ordres
(C)	Commander les vérins de régulation des pales	(H)	Moduler l'angle de calage des pales
(D)	Transformer l'énergie cinétique en énergie mécanique	(I)	Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique
(E)	Positionner l'axe de la nacelle selon la direction du vent	(J)	Générer l'énergie hydraulique

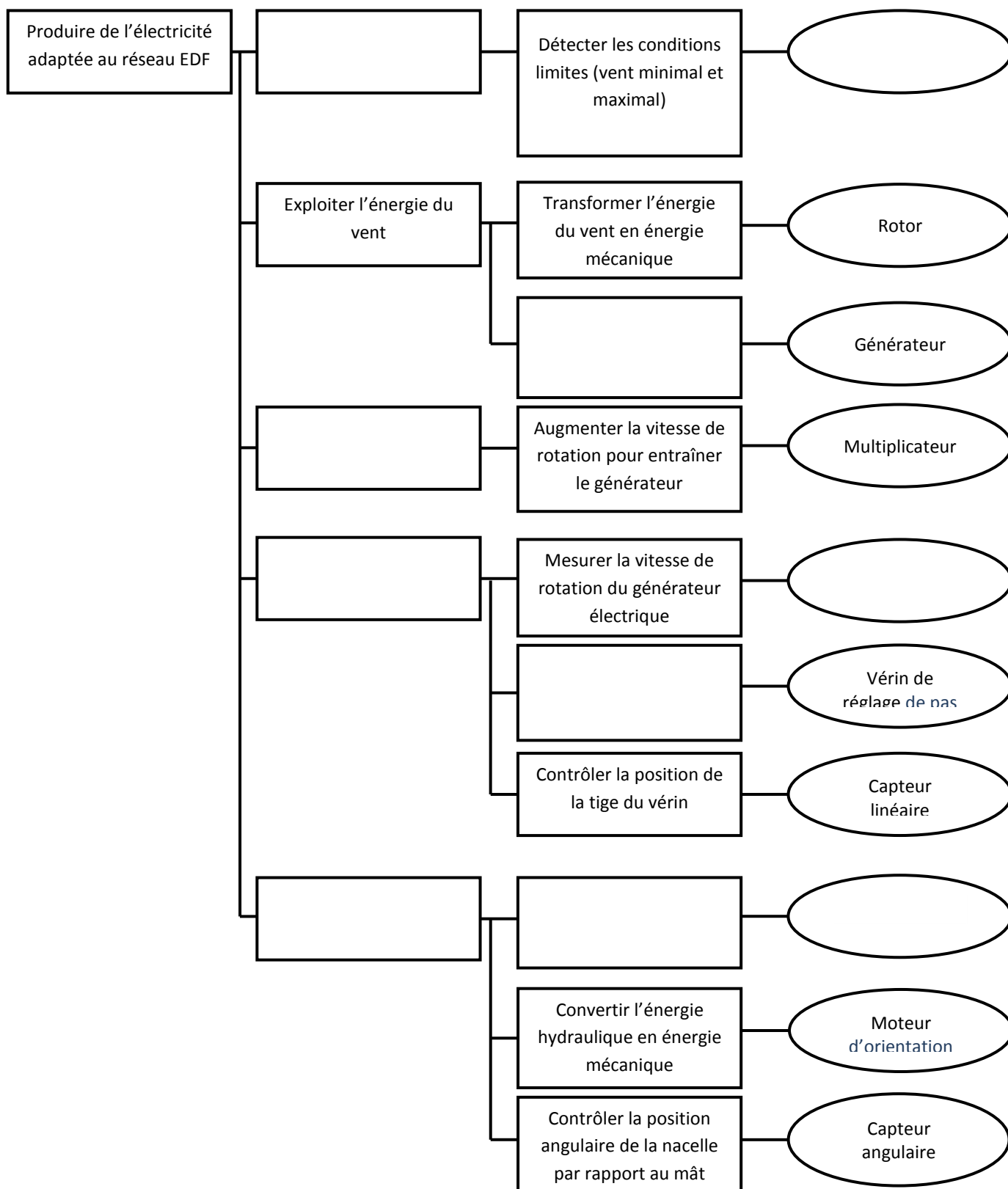


Diagramme A0 de la fonction FP1 de l'éolienne



2.4-Diagramme FAST

✎ Complétez le diagramme ci-dessous en vous aidant des propositions situées sur la page suivante.



Proposition pour compléter le diagramme FAST :

(A)	Modifier le calage des pales pour régler la prise au vent	(F)	Tachymètre
(B)	Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique	(G)	Anémomètre
(C)	Girouette	(H)	Réguler la vitesse de rotation du rotor
(D)	Mesurer la vitesse du vent	(I)	Observer la direction du vent par rapport à la nacelle
(E)	Orienter la nacelle face au vent	(J)	Adapter la vitesse de rotation

