

SESSION 2014

AGRÉGATION CONCOURS EXTERNE

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

**Options : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des
constructions.**

ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

Épreuve de sciences industrielles 2014

Documents remis

Sujet
Document réponse

pages 2 à 26
page 28

SYSTÈME ÉOLIEN FAIRWIND 10 kW

1. PRÉSENTATION

1.1. La problématique

Le développement de l'énergie éolienne est en forte croissance aussi bien pour les grosses installations que pour les plus petites. Ceci va nécessiter le développement de petites éoliennes simples et fiables. Les éoliennes à axe vertical sont particulièrement adaptées pour des puissances inférieures à 20kW.

1.2. Le système Fairwind 10kW

Le système éolien FAIRWIND 10kW, objet de l'étude, implanté sur un site d'essais dans l'Aude (11), a été choisi pour les raisons suivantes :

- rotor éolien simple et fiable ;
- système mécanique réduit sans système d'orientation ;
- rendement insensible à la direction du vent ;
- hauteur totale de l'installation assez faible ;
- vitesses des pales plus faibles et générant moins de bruits qu'une éolienne conventionnelle.

Les dimensions de l'éolienne à axe vertical sont les suivantes :

diamètre de l'éolienne	8 mètres
hauteur des pales	8 mètres
hauteur du mât	12 mètres

Figure 1 : système éolien FAIRWIND 10 kW



Les différentes études proposées au candidat portent sur la modélisation, l'expérimentation et l'optimisation du système éolien de production d'énergie électrique FAIRWIND qui a pour objectif de produire une puissance de 10 kW avec un vent de $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (figure 1).

1.3. L'éolienne FAIRWIND à axe vertical

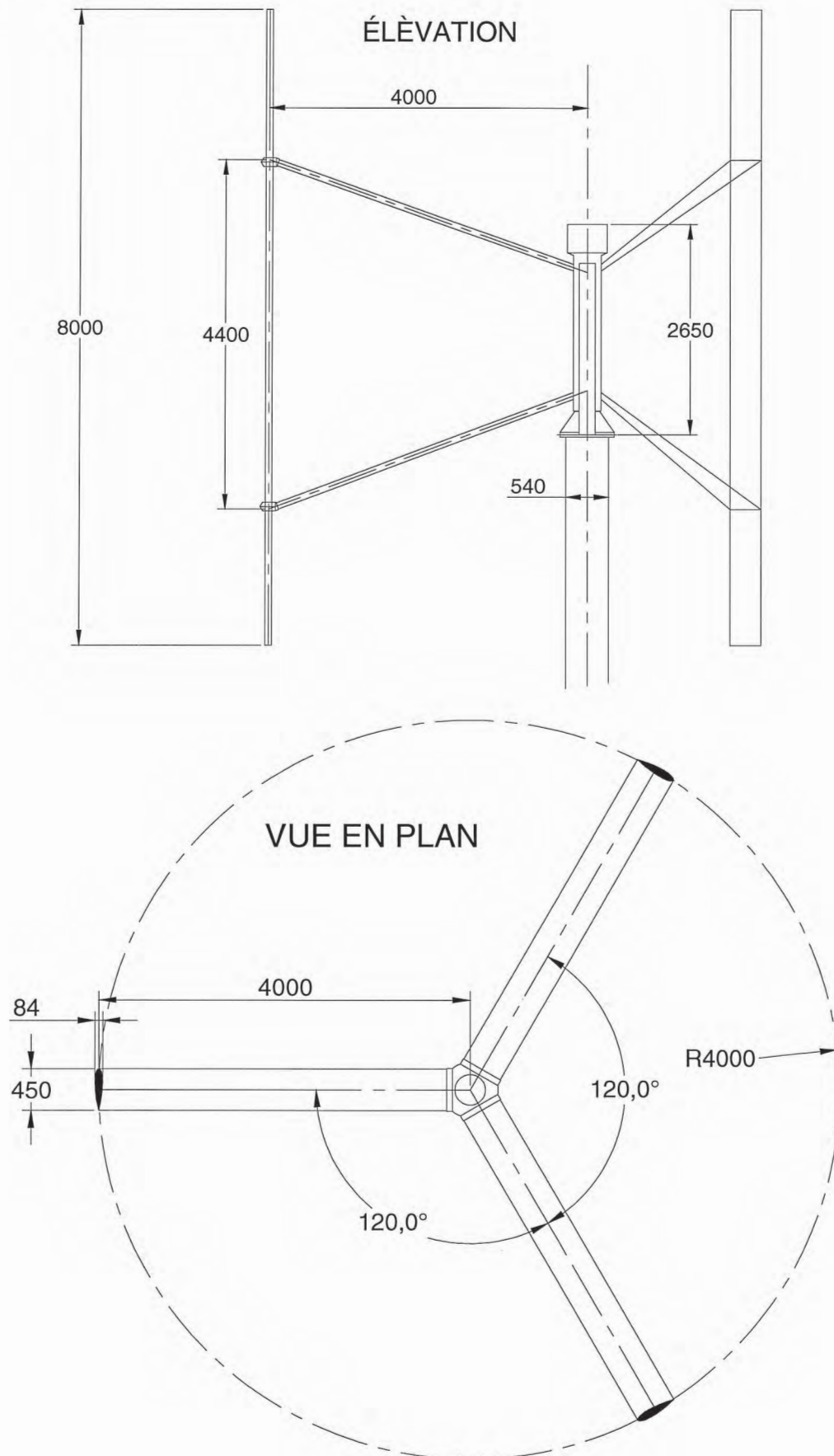


Figure 2 : les pales

1.4. Évaluation expérimentale des performances de l'éolienne

Le système éolien FAIRWIND 10kW a fait l'objet de tests, sur site expérimental (figure 3), par un organisme de contrôle afin de valider les performances de la machine avant mise sur le marché. Le contrôle a consisté à relever :

- la production de l'éolienne sur une période de 6 mois ;
- les vitesses de vent à proximité de l'éolienne grâce à un mât instrumenté (mât de mesure figure 3).

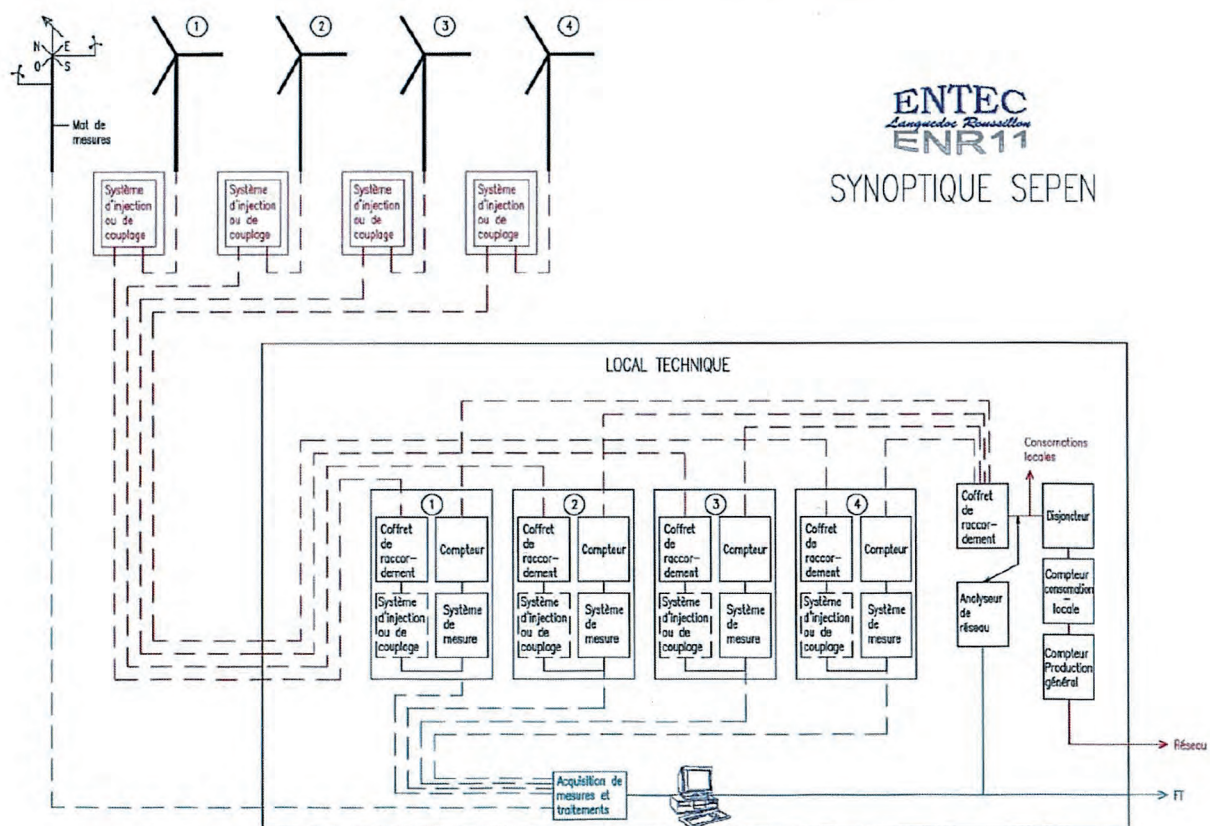
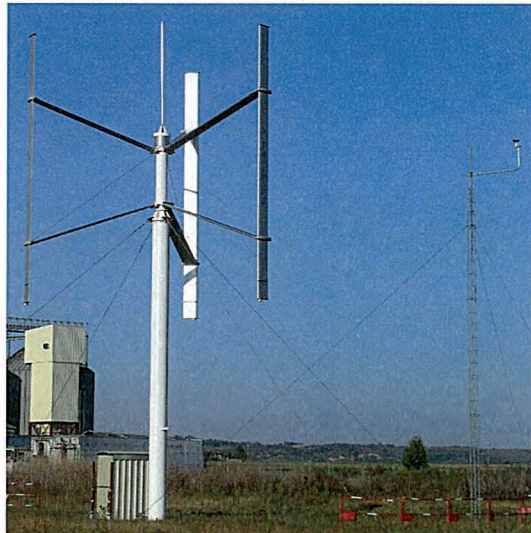
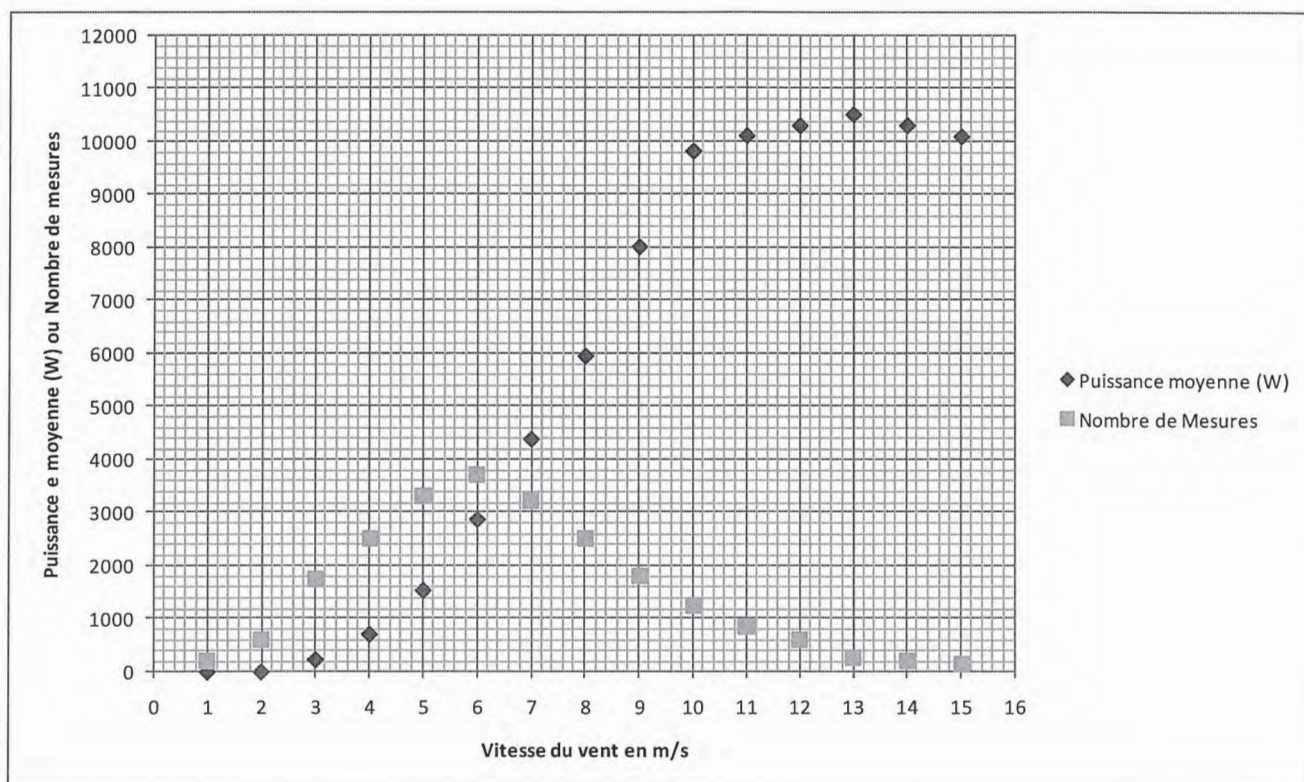


Figure 3 : synoptique de l'installation du site pouvant accueillir 4 éoliennes

Les mesures de performances permettent de tracer les courbes suivantes en fonction de la vitesse du vent :

- la moyenne des mesures des puissances électriques produites (losanges foncés) ;

- le nombre de points de mesure (carrés clairs).



Les valeurs mesurées sont les suivantes :

Vitesse du vent en m/s	Puissance moyenne (W)	Nombre de Mesures	% du Temps
1	0	200	0,9%
2	0	600	2,6%
3	231	1750	7,7%
4	709	2500	10,9%
5	1535	3300	14,4%
6	2873	3700	16,2%
7	4384	3210	14,0%
8	5952	2500	10,9%
9	8015	1800	7,9%
10	9823	1250	5,5%
11	10112	850	3,7%
12	10304	600	2,6%
13	10512	260	1,1%
14	10305	200	0,9%
15	10096	150	0,7%
		22870	100%

Question 1 : évaluer, en justifiant votre démarche (préciser les hypothèses de calcul), l'énergie en kWh pouvant être produite, pour une année complète, par cette éolienne sur ce site.

1.5. Contrat de rachat de l'énergie électrique produite

La durée annuelle de fonctionnement est définie comme le quotient de l'énergie rachetée pendant une année de fonctionnement de l'installation par la puissance active maximale de cette même installation (10 kW).

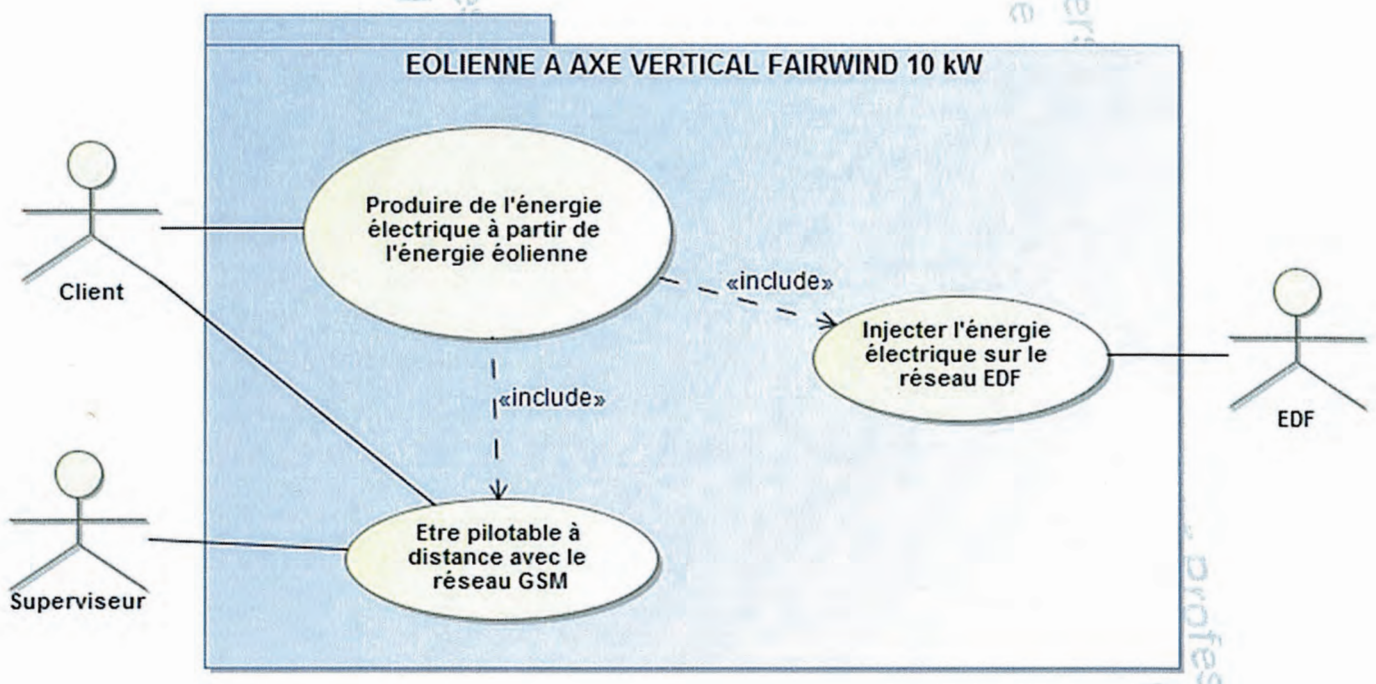
Pour une installation située à terre et en métropole, le tarif de base T de rachat de l'énergie électrique produite est fourni ci-dessous :

Durée annuelle de fonctionnement de référence	T pour les 10 premières années (€/kWh)	T pour les 5 années suivantes (€/kWh)
2400 h et moins	0,082	0,082
Entre 2400 et 2800 h	0,082	Interpolation linéaire
2800 h	0,082	0,068
Entre 2800 et 3600 h	0,082	Interpolation linéaire
3600 h et plus	0,082	0,028

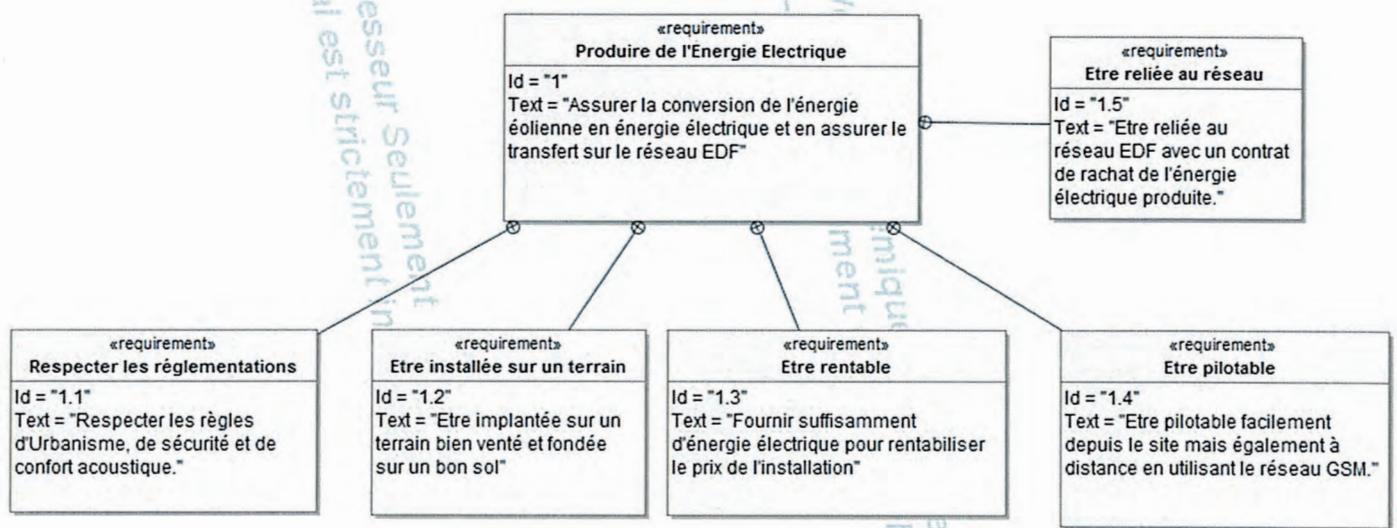
Question 2 : le coût d'investissement de cette éolienne est de 26 500 euros, les frais de fonctionnement et de maintenance sont estimés à 500 euros / an. Afin d'évaluer le retour sur investissement et compte tenu du prix de rachat de l'électricité par EDF défini ci-dessus, calculer la durée d'amortissement de l'installation (temps pour lequel l'éolienne rapporte autant qu'elle a coûté).

1.6. L'analyse fonctionnelle du système Fairwind 10kW

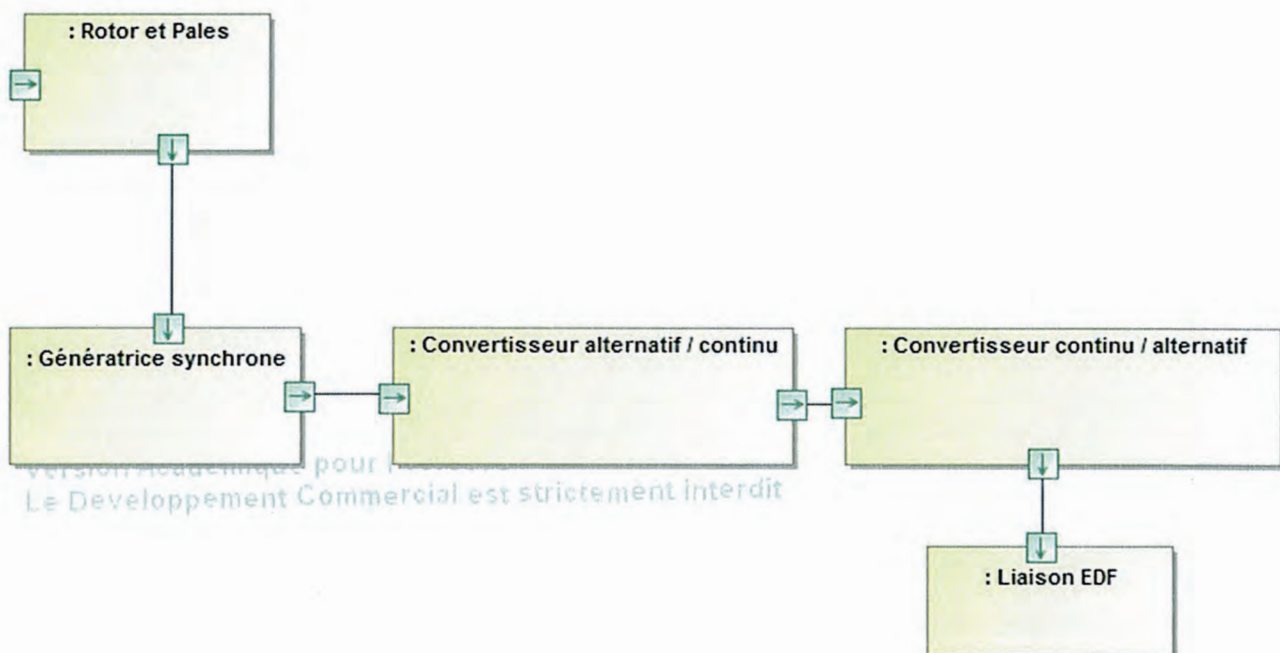
Le diagramme des cas d'utilisation SysML est fourni ci-dessous :



Le diagramme des exigences SysML est fourni ci-dessous :

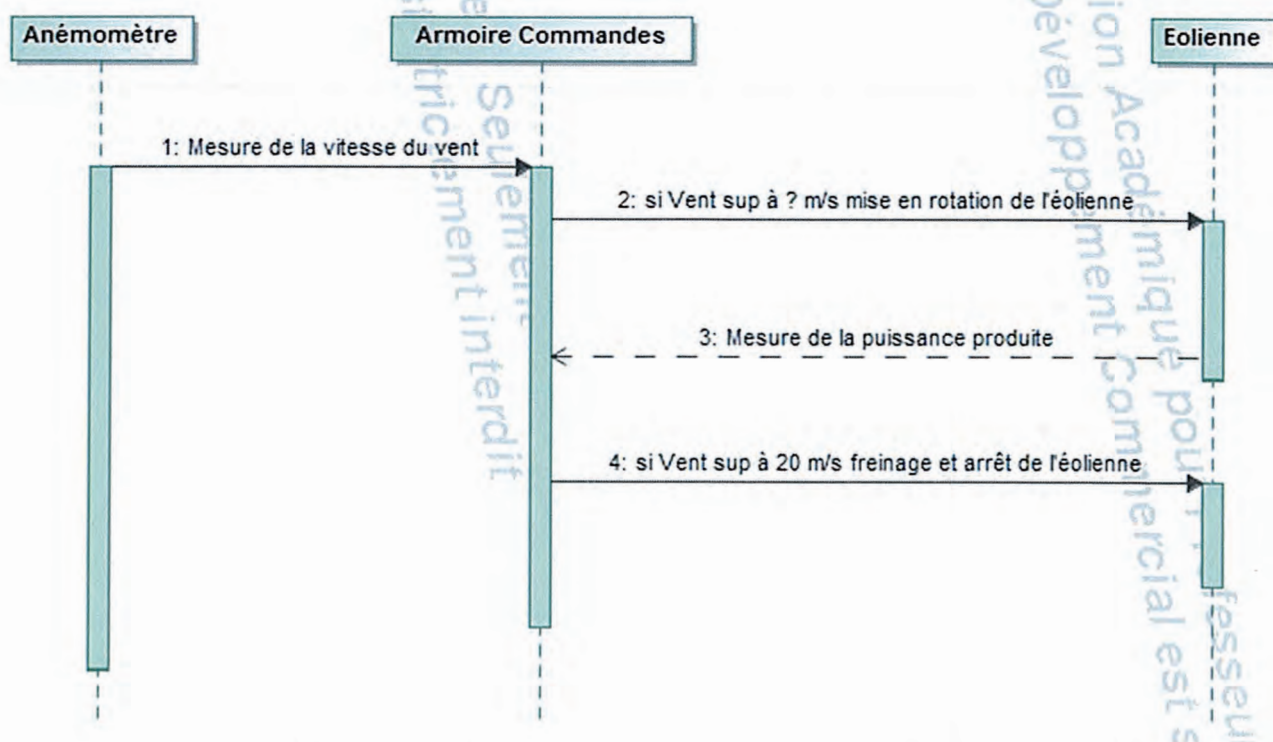


Le diagramme de bloc interne SysML représentant la chaine d'énergie et d'information est fourni ci-dessous :



Question 3 : préciser, pour chacun des ports, leur nature (standard ou flux) ainsi que les grandeurs duales associées.

Le diagramme de séquences SysML représentant la mise en marche de l'éolienne est fourni ci-dessous :



Question 4 : préciser la vitesse du vent à partir de laquelle la mise en rotation de l'éolienne est autorisée.

La fonction principale de l'éolienne est d'« assurer la conversion de l'énergie éolienne en énergie électrique ainsi que le transfert sur le réseau EDF ». Ceci nous conduit à modéliser, dimensionner, valider et optimiser les principales fonctions techniques de ce système éolien.

Le sujet s'articule en cinq parties :

- modéliser la conversion de l'énergie éolienne en énergie mécanique ;
- modéliser la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique ;
- dimensionner l'implantation de l'éolienne sur le site ;
- valider le comportement vibratoire du mât ;
- optimiser la conversion de l'énergie éolienne en énergie électrique.