

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

 Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

## ÉVALUATION

**CLASSE :** Première

**VOIE :**  Générale  Technologique  Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT :** SCIENCES de L'INGÉNIEUR

**DURÉE DE L'ÉPREUVE :** 2h00

Axes de programme :

Indiquer sans les modifier les compétences développées du programme  
 Analyser le besoin d'un produit par une démarche d'ingénierie système  
 Caractériser la puissance nécessaire au fonctionnement d'un produit ou un système  
 Caractériser l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou un système  
 Quantifier les écarts de performance entre les valeurs attendues, mesurées, simulées  
 Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multiphysique traduisant la transmission de puissance  
 Traduire le comportement attendu ou observé d'un objet par une structure algorithmique  
 Modéliser sous une forme graphique une structure, un mécanisme ou un circuit  
 Modéliser les actions mécaniques  
 Caractériser les échanges d'informations  
 Associer un modèle à un système asservi  
 Déterminer les grandeurs flux (courant) et effort (tension) dans un circuit électrique  
 Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques d'un mécanisme  
 Rendre compte de résultats

**CALCULATRICE AUTORISÉE :**  Oui  Non

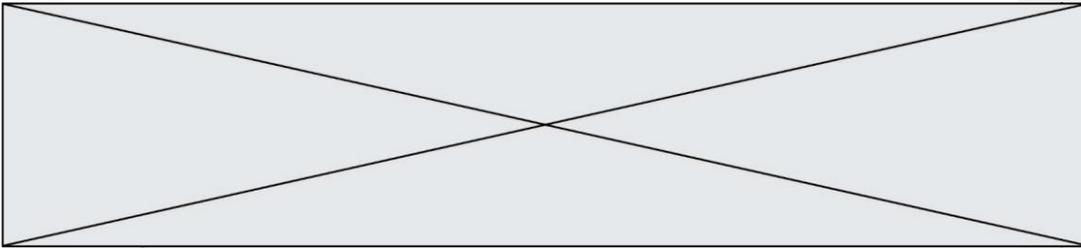
**DICTIONNAIRE AUTORISÉ :**  Oui  Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Ce sujet intègre des éléments en couleur. S'il est choisi par l'équipe pédagogique, il est nécessaire que chaque élève dispose d'une impression en couleur.

Ce sujet contient des pièces jointes de type audio ou vidéo qu'il faudra télécharger et jouer le jour de l'épreuve.

**Nombre total de pages :** 14



### **Constitution du sujet**

- **Étude d'une performance du produit**..... Pages 4 à 7
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** ..... Pages 8 à 11
- **Documents réponses** ..... Pages 13 à 14

### **Rappel du règlement de l'épreuve**

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

## PRÉSENTATION DE LA PERGOLA BIOCLIMATIQUE

Une pergola « bioclimatique » est une pergola à lames orientables qui permet de moduler l'ensoleillement sur une terrasse et dans la maison, tout au long de la journée et en fonction de la saison. Elle est conçue pour résister au vent, et les lames peuvent être mises dans une position angulaire telle que la pergola se transforme en toiture fermée, afin de protéger la terrasse des intempéries.



Photo 1 : pergola bioclimatique

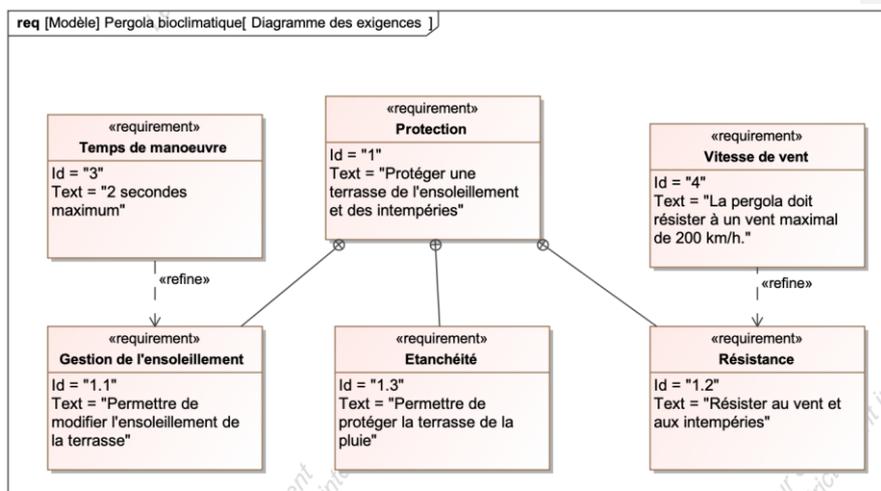
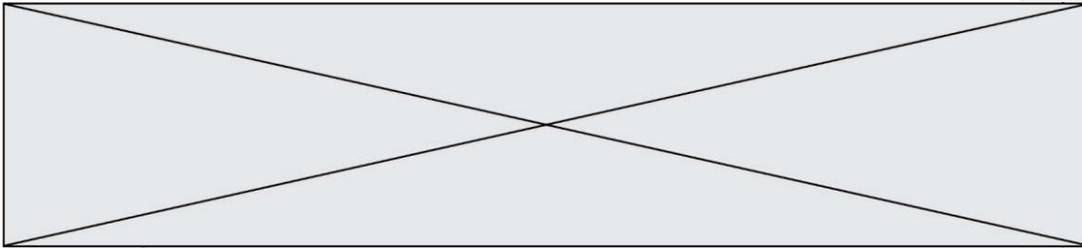


Figure 1 : diagramme des exigences

**Problématique** : la motorisation choisie permet-elle de replier les lames en présence de vent ? La commande permet-elle de gérer automatiquement le repliement des lames en présence de vent ?



## EXERCICE 1 - ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

Vérification de la capacité du moteur à manœuvrer les lames pour une valeur maximale de la vitesse du vent de  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Un motoréducteur entraîne en rotation l'ensemble des 25 lames de la pergola grâce au profil de manœuvre. Ces lames parallèles peuvent alors s'incliner avec un angle compris entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$ .

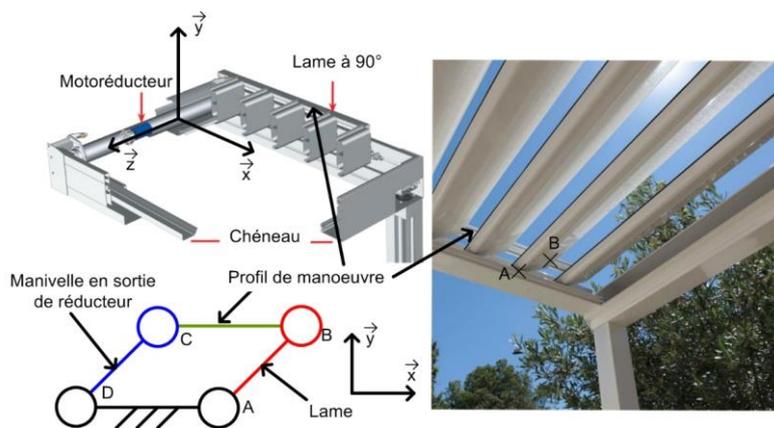


Figure 2 : schéma de principe

L'étude est menée en faisant les hypothèses suivantes :

- Le vent a pour direction  $-\vec{x}$  ;
- les liaisons sont considérées comme parfaites ;
- les lames ne sont soumises qu'à l'action mécanique du vent et de la pesanteur.

Une lame est réalisée à partir d'un profilé extrudé en aluminium, de largeur  $190 \text{ mm}$ , d'épaisseur  $35 \text{ mm}$  et de longueur de  $4 \text{ m}$ . La masse linéique de ce profil d'aluminium est de  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Le cas le plus défavorable correspond à une orientation verticale des lames. Dans ce cas, la force du vent est orthogonale au profil des lames, conformément à la figure 3.

**Commenté [A1]:** Préciser que l'étude porte sur la première lame et quid de l'approximation pour l'étendre aux autres ?

*Hypothèses : L'étude portera uniquement sur lame AB.*

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

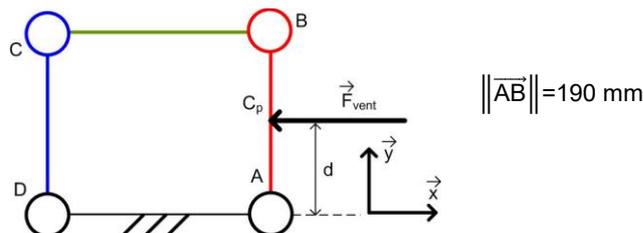


Figure 3 : modélisation de l'action mécanique du vent sur une lame en position verticale

L'action mécanique du vent s'applique au centre de poussée du profil, point noté ici  $C_p$  et situé au milieu du segment  $[AB]$ .

La norme de cette action mécanique est  $\|\vec{F}_{\text{vent} \rightarrow \text{lame}}\| = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$ , avec :

- $C_x=1$ , coefficient aérodynamique sans dimension d'une pale modélisée par un profil rectangulaire ;
- $S$ , aire de la surface de la lame sur laquelle s'applique le vent, en  $m^2$
- $\rho=1,225 \text{ kg} \cdot m^{-3}$ , masse volumique de l'air ;
- $V$ , vitesse du vent par rapport au sol en  $m \cdot s^{-1}$ .

Un capteur permet de mesurer la vitesse du vent.

Au-delà d'une vitesse de vent de  $30 \text{ km} \cdot h^{-1}$ , le repliement des lames est effectué. La vitesse du vent par rapport au sol considérée est  $V = 30 \text{ km} \cdot h^{-1}$ .

**Question**

I-1

Figure 3

**Calculer**, sous ces hypothèses, la valeur numérique de la norme de l'action mécanique du vent sur la lame

$\|\vec{F}_{\text{vent} \rightarrow \text{lame}}\|$  en N.

**Exprimer**, sous forme de **torseur**, l'action mécanique

exercée par le vent sur la lame, au point  $C_p$ ,

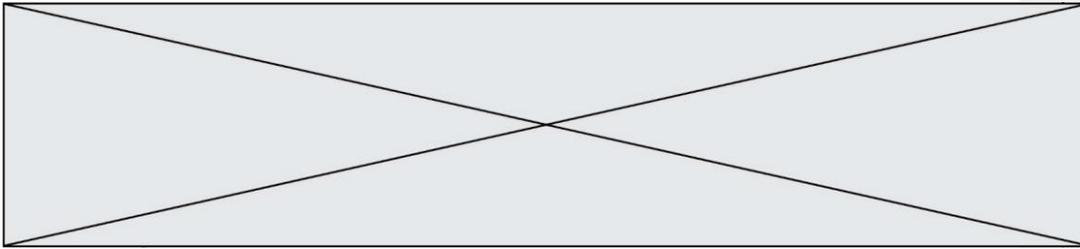
$\{\tau(\text{pesanteur} \rightarrow \text{lame})\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$

Ecrire le résultat sous la forme ci-dessous :

$$\{\tau(\text{pesanteur} \rightarrow \text{lame})\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \end{Bmatrix}_{(x, y, z)}$$

**Commenté [A2]:** En référence à la grille M&R 8 : Ok M&R12 : cela est moins explicite (grandeurs géométriques ou cinématiques)

**Commenté [A3]:** Préciser la forme du torseur attendue, son point d'application et sa base



La norme du moment, en N·m, au point A du vent sur une lame s'écrit :

$$\|\vec{M}_A(\text{vent} \rightarrow \text{lame})\| = d \cdot \|\vec{F}_{\text{vent} \rightarrow \text{lame}}\|$$

avec :

- $d$  : distance en m
- $\|\vec{F}_{\text{vent} \rightarrow \text{lame}}\|$  : force du vent en N

L'action mécanique du vent sur chaque lame est considérée comme identique, quel que soit les positions relatives des lames les unes par rapport aux autres.

Question I-2

**Commenter** l'hypothèse faite sur les actions mécaniques identiques du vent sur les différentes lames, quel que soit les positions relatives des lames les unes par rapport aux autres. **Calculer** la valeur numérique du moment maximal au point A de l'action mécanique du vent sur une lame en N·m.

**Commenté [A4]:** Préciser les variables et leurs unités

**Commenté [A5]:** En référence à la grille :  
M&R1 : Ok avec la proposition de questionnement  
M&R8 : Ok mais c'est la même compétence qu'à la question n°1 qui est évaluée  
M&R12 : cela est moins explicite (grandeurs géométriques ou cinématiques)

Lors du mouvement, le couple en sortie du réducteur varie entre 0 et  $C_{\text{vent max}}$ . Compte tenu de cette variation, et afin de simplifier les calculs, le couple en sortie du réducteur dû à l'action mécanique du vent est considéré constant avec une valeur moyenne  $C_{\text{vent moy}} = 38 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

Le couple moyen dû à l'action mécanique de la pesanteur en sortie du réducteur est  $C_{\text{pes moy}} = 70 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

La chaîne de puissance est représentée figure 4.

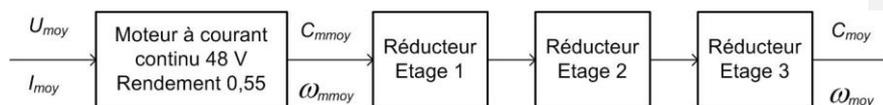


Figure 4 : chaîne de puissance de la pergola

Données :

- Les trois étages de réduction ont le même rapport de réduction  $r = \frac{1}{7}$  et le même rendement  $\eta = 0,92$  ;
- La vitesse de rotation en sortie du motoréducteur est constante  $N_{\text{moy}} = 9 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ . Cela permet de respecter l'exigence de temps de manœuvre des lames de 2 s ;
- Le couple en sortie du motoréducteur est la somme des couples dus à l'action mécanique de pesanteur et du vent  $C_{\text{moy}} = C_{\text{vent moy}} + C_{\text{pes moy}}$ .

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

**Question I-3**

Figure 4

**Donner** la nature des énergies à l'entrée et à la sortie du moteur.  
**Calculer** la valeur numérique du rendement  $\eta_{red}$  de l'ensemble des étages du réducteur.

**Commenté [A6]:** En référence à la grille :  
 A5 :Ok  
 M&R2 : Ok même si la notion de modèle multiphysique peut être comprise de plusieurs façons.

**Question I-4**

Figure 4

**Calculer** la vitesse de rotation du moteur moyenne  $\omega_{moy}$  en  $rad.s^{-1}$ .  
**Calculer** le couple moyen  $C_{moy}$  en N.m à la sortie du moteur.

**Commenté [A7]:** En référence à la grille :  
 M&R2 :Ok par la lecture de la figure 4, même si la notion de modèle multiphysique peut être comprise de plusieurs façons  
 M&R12 : Ok

**Commenté [A8]:** Préciser l'unité attendue

Le moteur est alimenté à sa tension nominale  $U_{moy} = 48 V$ .

**Question I-5**

Figure 4

**Déterminer** la puissance électrique moyenne  $P_{elec\_moy}$  en W, absorbée par le moteur, **en déduire** la valeur du courant électrique moyen absorbé  $I_{moy}$  en A.

**Commenté [A9]:** En référence à la grille :  
 A4 :Ok  
 M&R2 :Ok par la lecture de la figure 4, même si la notion de modèle multiphysique peut être comprise de plusieurs façons  
 M&R11 :Ok

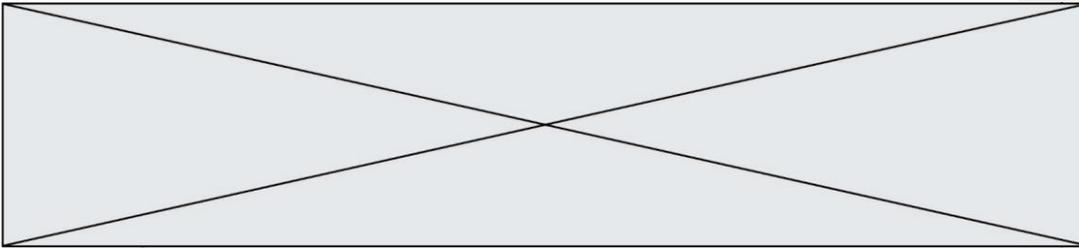
La figure 5 du document réponse **DR1** donne la courbe caractéristique de la zone de fonctionnement normal du moteur à courant continu utilisé.

**Question I-6**

DR1

**Placer** sur le graphique le point de fonctionnement du moteur calculé aux questions précédentes.  
**Conclure** quant à la capacité du moteur à manœuvrer les lames en présence de vent.

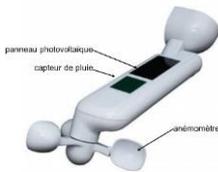
**Commenté [A10]:** En référence à la grille :  
 A1 : le fait de conclure induit ceci, mais cela n'est pas explicitement demandé  
 A9 :Ok



## EXERCICE 2 : ÉTUDE de la COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DE LA PERGOLA

### Objectifs :

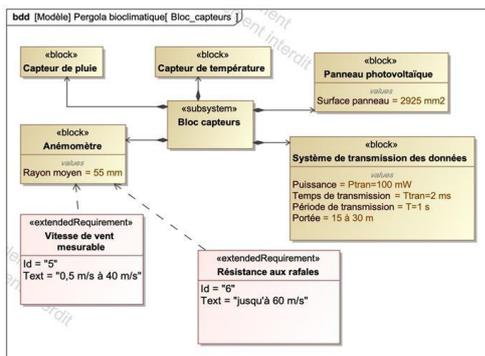
- vérifier que la chaîne d'acquisition de l'information « vent » permet une gestion automatique de la position des lames de la pergola ;
- vérifier que l'algorithme proposé permet de tenir compte des différents paramètres et contraintes liés à cette problématique.



Caractéristiques partielles de l'ensemble « capteur » :

- surface panneau photovoltaïque : 2925 mm<sup>2</sup> ;
- vitesse de vent mesurable : de 0,5 m·s<sup>-1</sup> à 40 m·s<sup>-1</sup> ;
- résistance aux rafales jusqu'à 60 m·s<sup>-1</sup> ;
- rayon moyen de l'anémomètre : 55 mm ;
- transmission sans fil, portée 15 à 30 m suivant installation.

Le système de commande de la pergola bioclimatique comprend un ensemble nommé « bloc capteurs » dont le diagramme de définition de blocs est donné à la figure 5. L'intérêt de cet unique « bloc capteurs » est sa facilité d'installation puisqu'il ne nécessite aucun câblage dans la mesure où il est autonome en énergie.



**Commenté [A11]:** Reprendre les unités des grandeurs pour les normaliser

Figure 5 : diagramme de définition de blocs du « bloc capteurs »

La girouette entraîne notamment deux aimants en rotation qui vont provoquer des ouvertures et des fermetures d'un interrupteur de type ILS. Cet ILS est inséré dans un circuit électrique dont un schéma simplifié est fourni à la figure 6.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

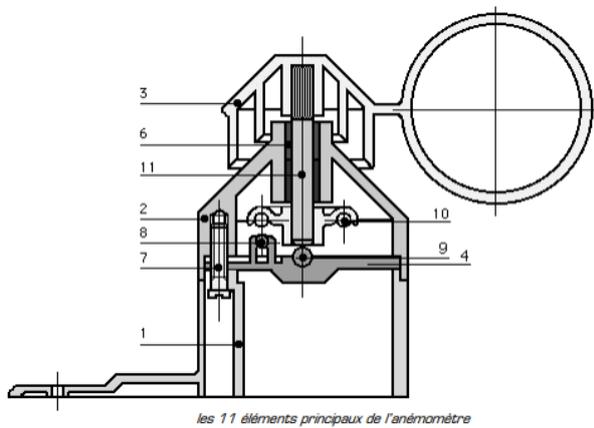
N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

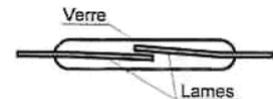
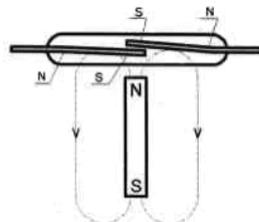


les 11 éléments principaux de l'anémomètre

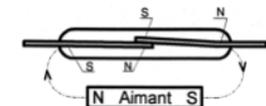
Nomenclature succincte

- 1 - corps
- 2 - chapeau
- 3 - girouette
- 4 - support ILS
- 5 - support aimant
- 6 - coussinet
- 7 - vis
- 8 - I.L.S.**
- 9 - bille
- 10 - aimant**
- 11 - axe

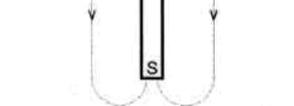
Comme le montre les 3 cas suivants, un I.L.S. (Interrupteur à Lames Souples) est un interrupteur dont l'état (Ouvert ou Fermé) est commandé par la présence ou l'absence d'un aimant à proximité :



Un I.L.S. est composé de deux lames souples dans un petit bocal de verre



Les lames se touchent si elles sont soumises chacune à un pôle de l'aimant différent (Nord et Sud) : l'I.L.S. est fermé



Les lames se touchent pas si elles ne sont pas soumises chacune à un pôle opposé (ou en l'absence de l'aimant) : l'I.L.S. est ouvert

Figure 6 : schéma simplifié d'un capteur ILS et de son circuit électrique de conditionnement associé

Question

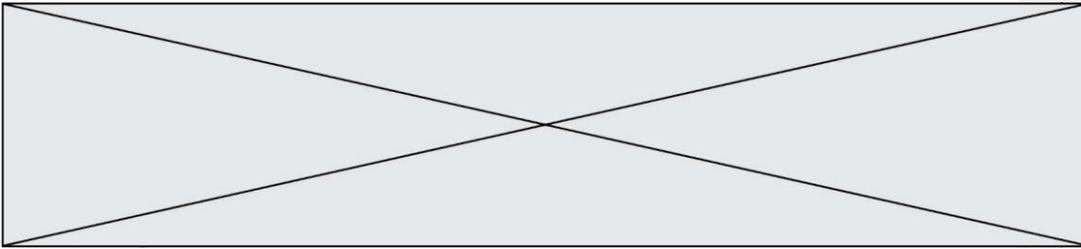
II-1  
DR1

**Compléter**, sur le document réponse DR1, l'état de l'ILS (ouvert ou fermé) en fonction des différentes positions significatives possibles de l'aimant.  
**En déduire** la fréquence du signal  $V_{ILS}$  quand la girouette de l'anémomètre tourne à  $50,26 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Commenté [A12]:** Attention à la pixellisation des lignes de champs.

**Commenté [A13]:** En référence à la grille :  
M&R6 : Ok avec l'utilistaion  
M&R10 : Ok mais pas explicite  
C1 : Ok

Afin de disposer de l'information « vitesse du vent » la plus exacte possible, de nombreux paramètres (vitesse de vent minimal entraînant la rotation de la girouette, considérations aérodynamiques complexes, ...) rentrent en compte. Les fabricants réalisent des essais permettant d'établir la courbe de comportement de l'ensemble.



La relation entre la vitesse de rotation de la girouette et la vitesse linéaire du vent est :

$$\omega_{\text{girouette}} = 14,64 \cdot V_{\text{vent}} + 9$$

$\omega_{\text{girouette}}$  : vitesse de rotation de la girouette en  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$

$V_{\text{vent}}$  : vitesse linéaire du vent en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Question II-2  
DR1

**Compléter**, sur le document réponse **DR1**, la ligne du tableau 1 correspondant à la vitesse de rotation de la girouette.

Commenté [A14]: M&R10 : Ok mais pas explicite

La figure 7 représente la chaîne d'information de la mesure de la vitesse du vent. Celle-ci permet l'étude de l'algorithme de gestion de la mise en sécurité de la pergola quand les conditions de vent deviennent critiques.

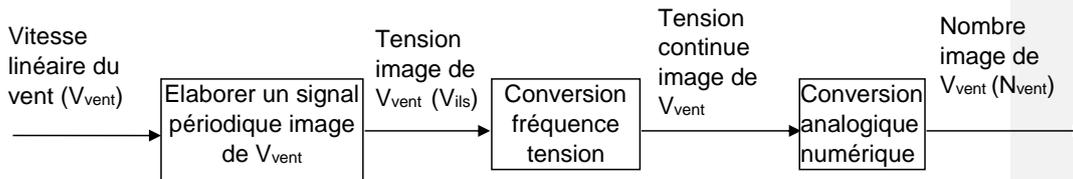


Figure 7 : chaîne d'information liée à la vitesse du vent

Question II-3  
DR1

**Compléter**, sur le document réponse **DR1**, la ligne du tableau 1 correspondant à la sortie du convertisseur analogique numérique sachant qu'il code sur 10 bits et à une tension de référence  $V_{\text{ref}} = 5 \text{ V}$ .

$N_{\text{vent}}$  est donné par la relation 
$$N_{\text{vent}} = \frac{V_{\text{vent}}}{q} \text{ sachant que } q = \frac{V_{\text{ref}}}{2^n}$$

Commenté [A15]: En référence à la grille : M&R9 : Ok

La figure 8 représente l'algorithme de la fonction « vent » qui gère la commande de la mise en sécurité de la pergola. Cet algorithme doit permettre d'éviter les manœuvres répétées de la pergola lorsque les conditions de vent sont proches du seuil limite choisi pour sa mise en sécurité.

Question II-4

**Expliquer**, l'intérêt de la fonction « Calcul de la moyenne sur les 10 dernières valeurs de  $N_{\text{vent}}$  ».

Commenté [A16]: En référence à la grille : M&R4 :Ok C1 :Ok



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Question II-5

**Conclure** sur le fait que la chaîne d'information de la vitesse du vent et l'algorithme de gestion de la mise en sécurité de la pergola remplissent bien leurs fonctions.

**Commenté [A17]:** En référence à la grille : C1

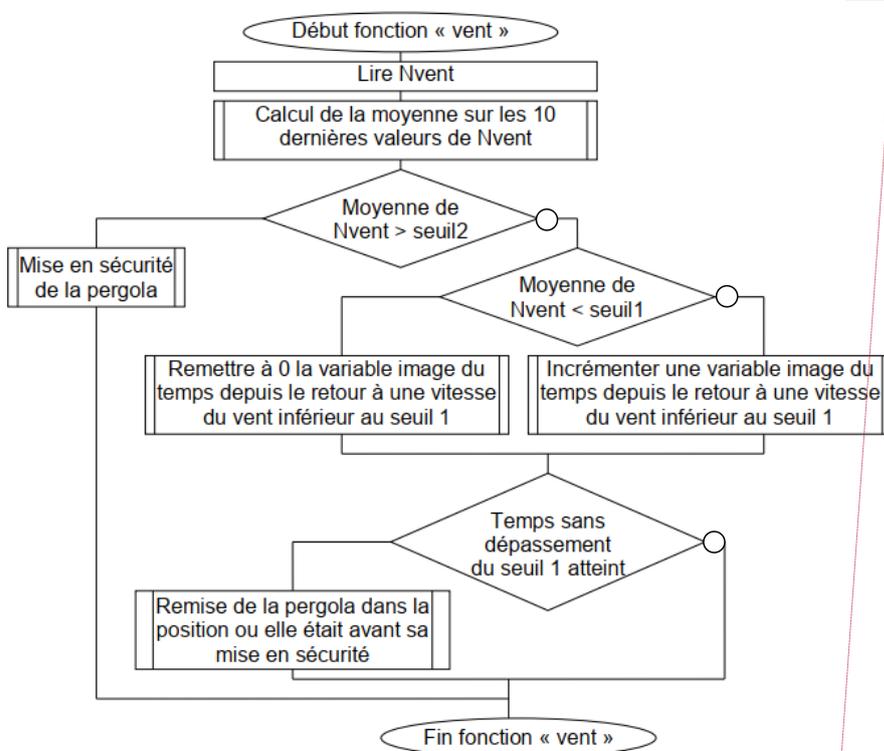
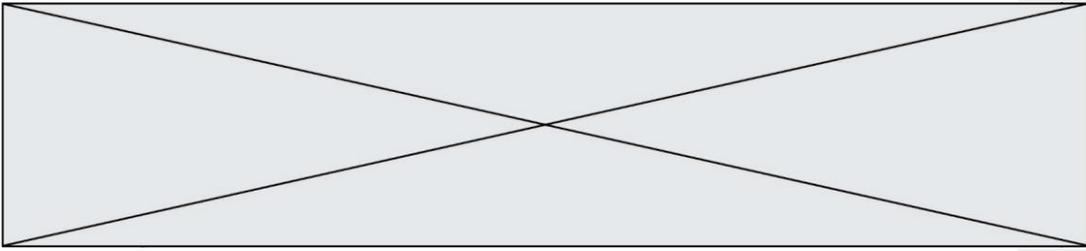


Figure 8 : algorithme de la fonction « vent »

**Commenté [A18]:** Algorithme à reprendre pour gagner en lisibilité



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

**DOCUMENTS RÉPONSES**

**DR1 - Question I-6**

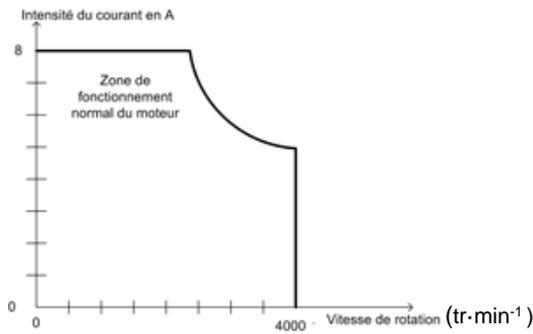


Figure 5 : courbe caractéristique du moteur à courant continu

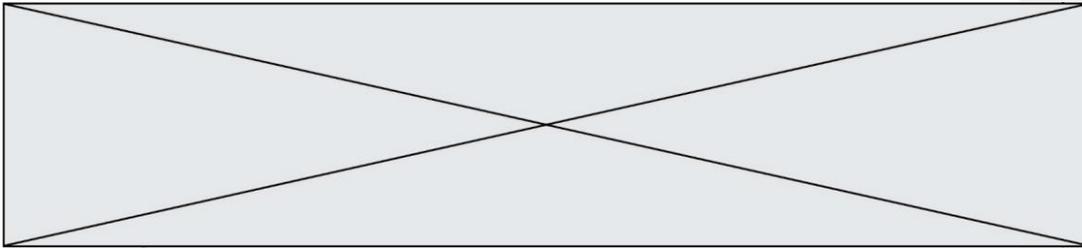
**Commenté [A19]:** Caractéristique assez atypique dans son formalisme  
Unité de la vitesse de rotation à reprendre tr.min<sup>-1</sup>

**DR1 - Question II-1**

Position 1	Position 2	Position 3	Position 4
Etat de l'ILS : .....			
Position 5	Position 6	Position 7	Position 8
Etat de l'ILS : .....			

**Commenté [A20]:** Tableau à présenter différemment pour mettre en é





**DR2 - Question II-2 & Question II-3**

Vitesse linéaire du vent en $m.s^{-1}$	0,5	5	Seuil d'ouverture (seuil 1) : 10	Seuil de fermeture (seuil 2) : 12,5	40
Vitesse de rotation de la girouette en $rad.s^{-1}$					
Fréquence de $V_{vis}$ en Hz	10,39	52,33	98,93	122,23	378,5
Tension continue image de $V_{vent}$ en V	0,05	0,5	1	1,25	4
Nombre image de $V_{vent}$ ( $N_{vent}$ )					

Tableau 1

**Commenté [A21]:** Il est demandé de faire plusieurs fois les mêmes calculs, on évalue une même compétence sans plus-value d'un cas à l'autre

