



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.



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° et 90° .

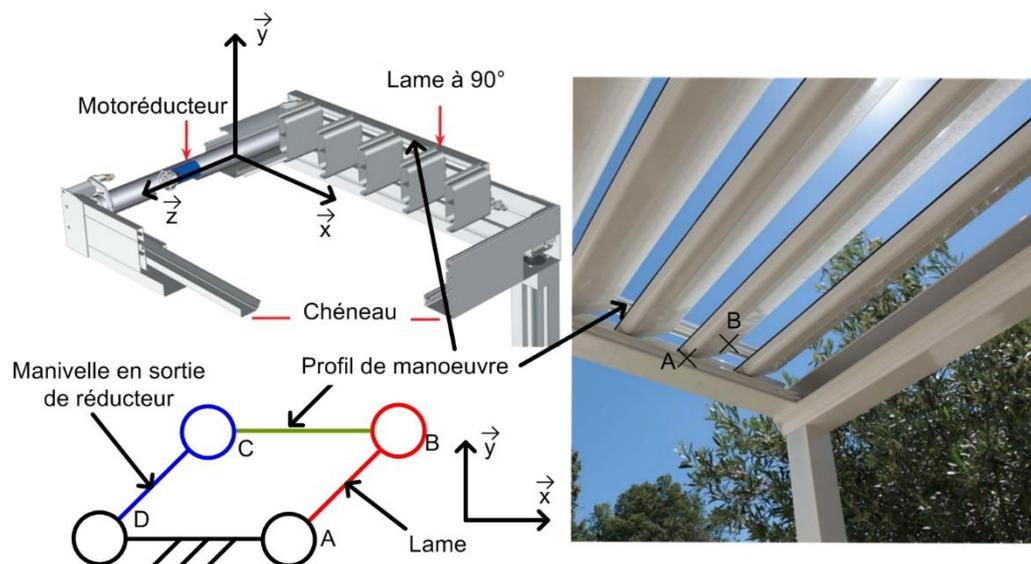


Figure 2 : schéma de principe

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 mm , d'épaisseur 35 mm et de longueur de 4 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.

Hypothèses : L'étude portera uniquement sur lame AB.

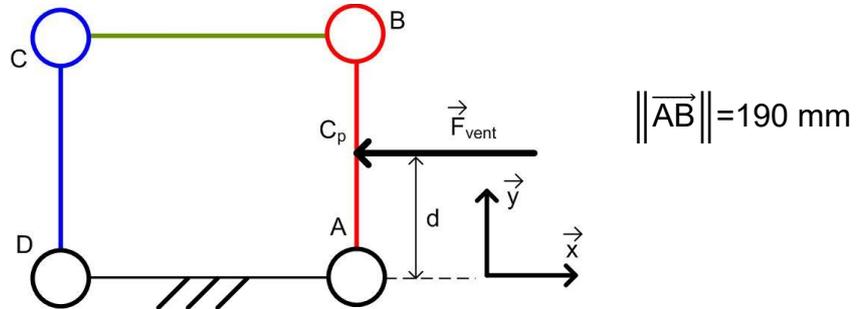


Figure 3 : modélisation de l'action mécanique du vent sur une lame en position verticale

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
- $\rho=1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, masse volumique de l'air ;
- V , vitesse du vent par rapport au sol en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Un capteur permet de mesurer la vitesse du vent.

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

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 :

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



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.

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.

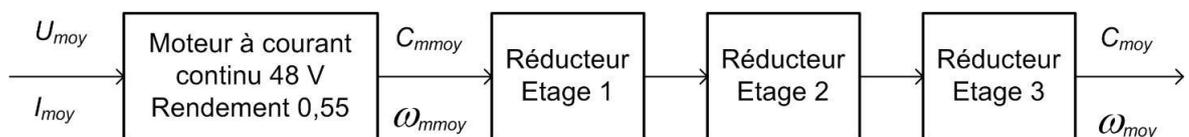


Figure 4 : chaîne de puissance de la pergola

Données :

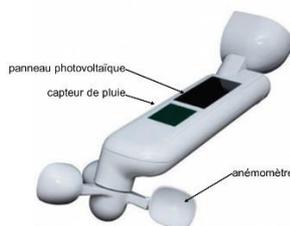
- Les trois étages de réduction ont le même rapport de réduction $r = \frac{1}{7}$ et le même rendement $\eta = 0,92$;
- La vitesse de rotation en sortie du motoréducteur est constante $N_{\text{moy}} = 9 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$. Cela permet de respecter l'exigence de temps de manœuvre des lames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



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 mm² ;
- vitesse de vent mesurable : de 0,5 m·s⁻¹ à 40 m·s⁻¹ ;
- résistance aux rafales jusqu'à 60 m·s⁻¹ ;
- 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.

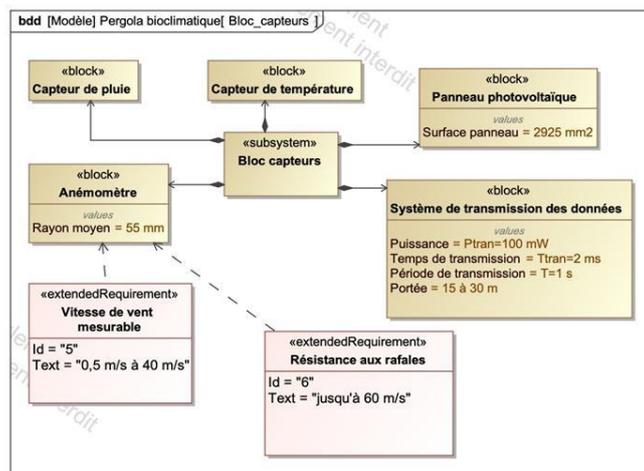


Figure 5 : diagramme de définition de blocs du « bloc capteurs »

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.



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_{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.

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.

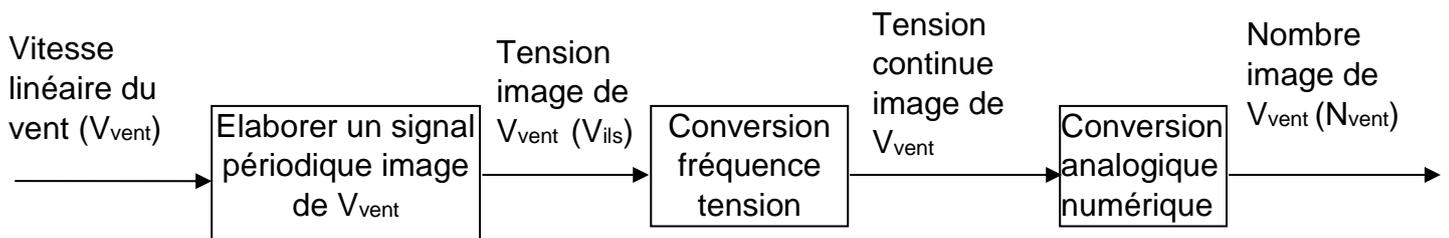


Figure 7 : chaîne d'information liée à la vitesse du vent

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_{vent} est donné par la relation

$$N_{\text{vent}} = \frac{V_{\text{vent}}}{q} \text{ sachant que } q = \frac{V_{\text{ref}}}{2^n}$$

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_{vent} ».



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.

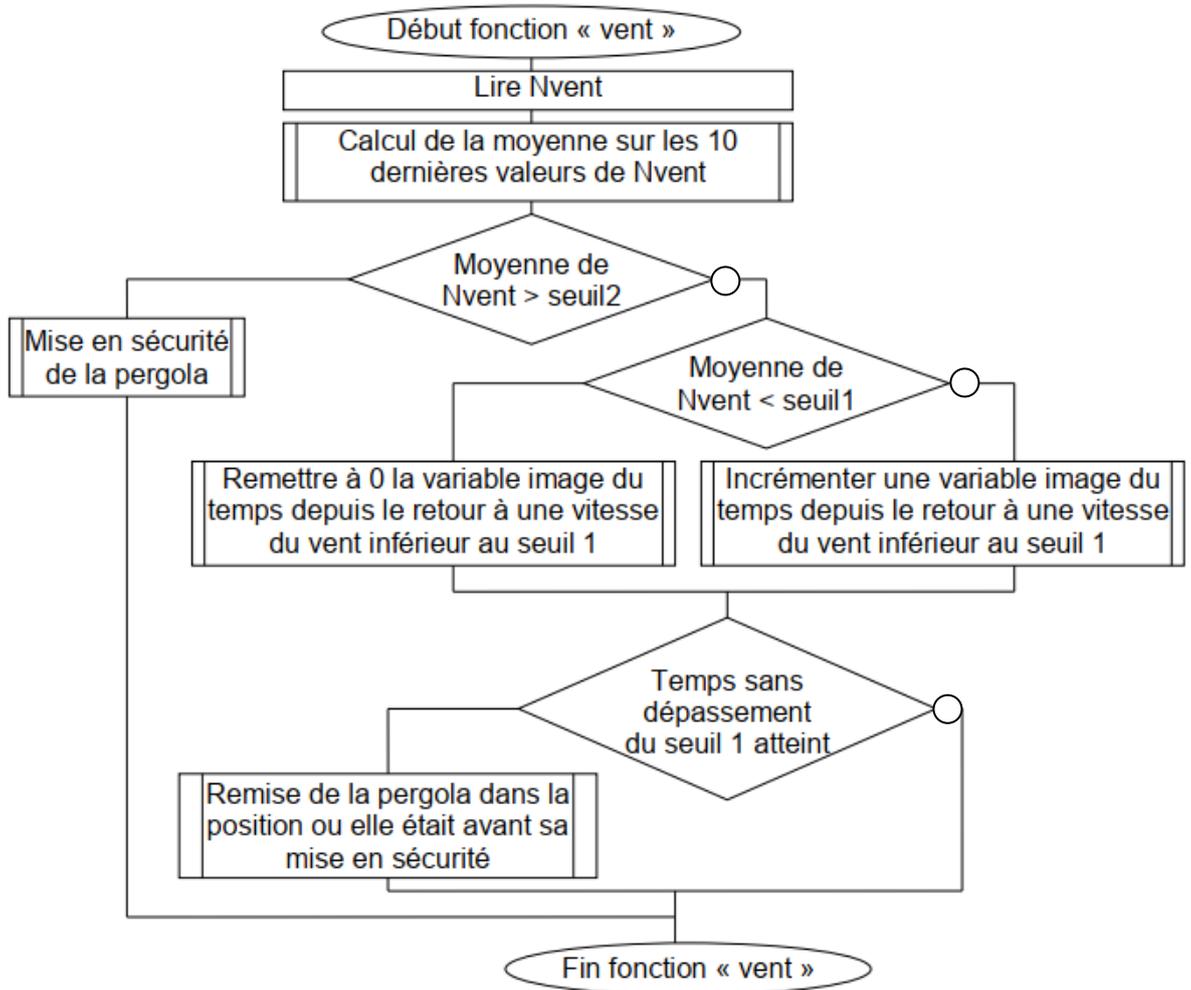
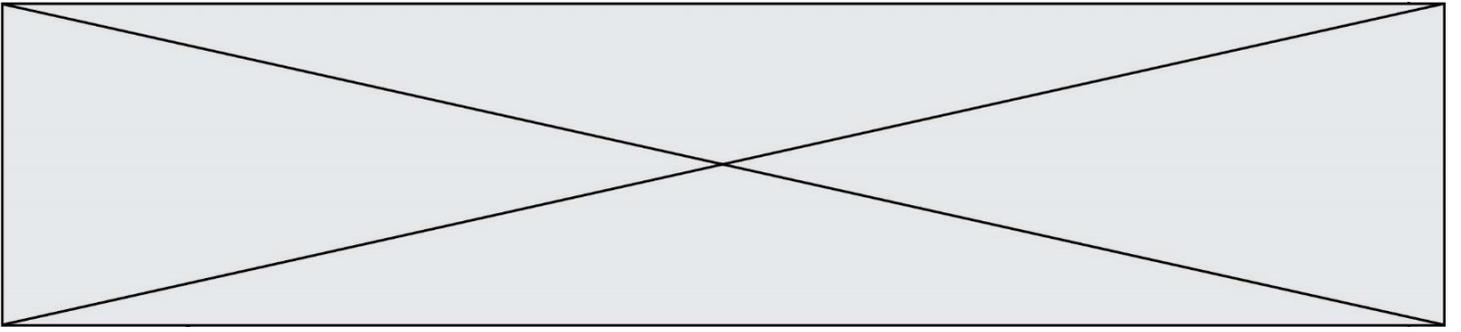


Figure 8 : algorithme de la fonction « vent »





DOCUMENTS RÉPONSES

DR1 - Question I-6

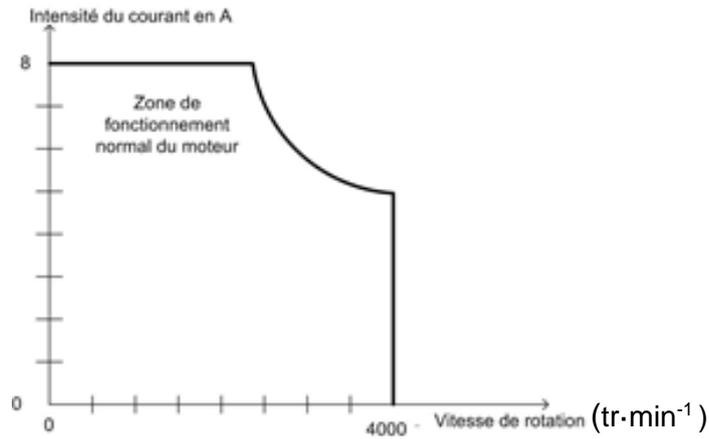


Figure 5 : courbe caractéristique du moteur à courant continu

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 :			



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_{ils} 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