

Section : S	Option : Sciences de l'ingénieur	Discipline : Génie Électrique	
L'éolienne à pas variable Eolicc			
Système étudié : L'éolienne Eolicc	Type de document : Travaux Pratiques	Classe : Première	Date :

☞ Mise en situation et objectifs du TP ☜

Pour des problèmes de pollution et de non renouvellement des ressources fossiles, l'utilisation de nouvelles énergies est apparue. Eolicc participe à la génération de ces énergies dites "renouvelables", en récupérant l'énergie quasi inépuisable que constitue le vent dans le but de la convertir en énergie électrique. L'éolienne récupère une partie de l'énergie cinétique de la masse d'air en mouvement, la transforme en énergie mécanique par l'intermédiaire des pales accouplées à un rotor, puis en énergie électrique grâce à une génératrice.

Après une analyse fonctionnelle ayant pour but de découvrir le système et de faire l'inventaire des fonctions de service, vous allez constater expérimentalement le rôle de l'orientation des pales de l'éolienne, puis vous allez automatiser le système à l'aide d'un Automate Programmable Industriel [A.P.I.].

☞ Travail demandé ☜

I - Présentation du système et expression du besoin

I - 1 - Présentation du système Eolicc

L'équipement est composé d'une partie opérative mobile, d'un coffret de contrôle-commande "Ventilation" et d'un coffret de contrôle gestion d'énergie "Eolienne".

Partie opérative : C'est une soufflerie en circuit fermé. Insonorisée, elle se présente sous la forme d'un châssis parallélépipédique en profilé d'aluminium anodisé. La partie supérieure, constituée de panneaux transparents, laisse apparaître le plan de travail où sont fixés les différents éléments : le motoventilateur, l'éolienne, l'anémomètre... Des panneaux, équipés de poignées, sont démontables pour accéder librement à l'intérieur de la soufflerie [changement du type d'éolienne, maintenance...]. En partie inférieure de la face avant est implantée une platine connecteurs d'où partent les câbles vers les deux coffrets.

Coffret de contrôle-commande "Ventilation" : Le coffret, équipé de pieds, peut être posé sur une table offrant ainsi une bonne position ergonomique de travail. Il abrite un variateur de vitesse dont ses paramètres de configuration sont accessibles en face avant.

Coffret de contrôle gestion d'énergie "Eolienne" : De dimensions identiques au précédent, Il est dédié à l'aérogénérateur avec pour fonctions principales la commande du moteur d'orientation des pales et l'exploitation de l'énergie produite sur différentes natures de charges : lampes, batterie, résistance. Il dispose d'une grille vierge précâblée pouvant recevoir diverses applications pédagogiques [asservissement, régulation, transformation d'énergie, ...].

I - 2 - Expression du besoin fondamental

I - 2 - 1 - Complétez le diagramme « bête à cornes » ci-dessous en remplissant la case vide :

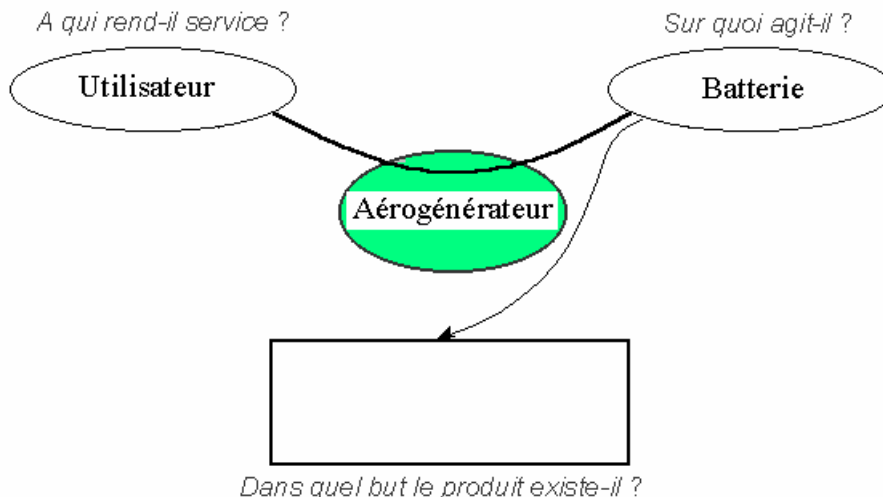
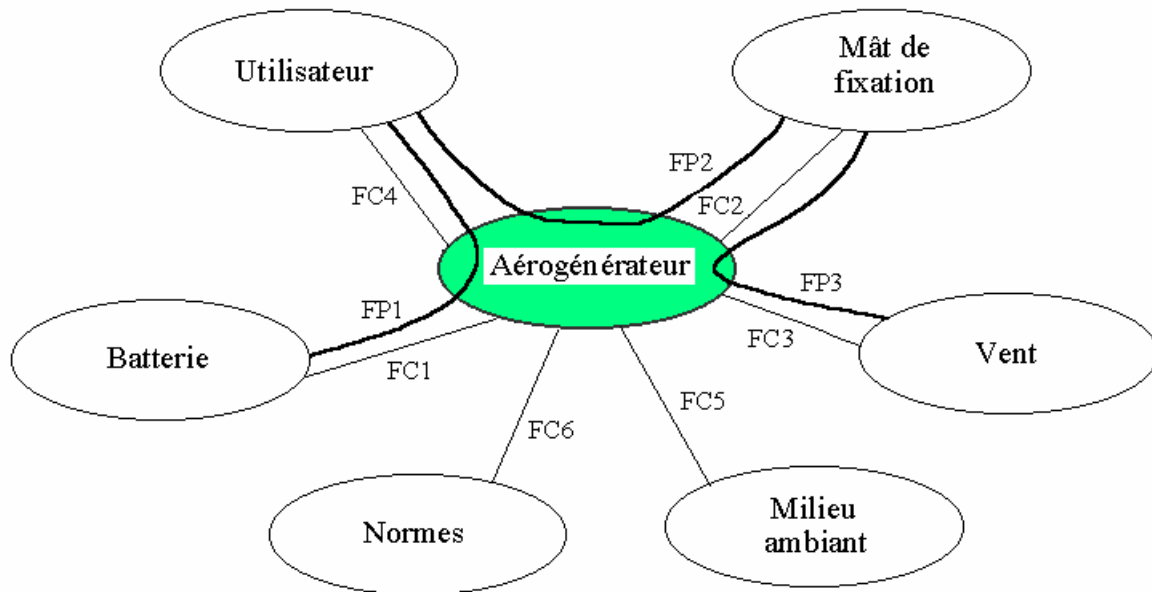


Diagramme « bête à cornes » de l'aérogénérateur

I - 3 - Recherche des fonctions de service

On propose un diagramme « pieuvre » représentant les fonctions de services de l'aérogénérateur :



Les liaisons présentes dans un diagramme pieuvre représentent les différentes fonctions de service du système. Il existe 2 types de fonctions de service : les **fonctions principales** (notées FP dans le diagramme pieuvre) et les **fonctions de contraintes** (notées FC dans le diagramme pieuvre) :

- * Si une liaison fait le lien entre le système et 2 éléments de l'environnement, alors il s'agit d'une **fonction principale**
- * Si une liaison fait le lien entre le système et 1 seul élément de l'environnement, alors il s'agit d'une **fonction contrainte**

Une **fonction principale** est une action importante pour le système, il s'agit un peu de la raison d'être du système, correspondant généralement au besoin auquel répond le système.

Une **fonction de contrainte** est une action que le système est obligé de faire pour satisfaire des contraintes liées par exemple à la sécurité ou au confort de l'utilisateur, mais cette action n'est pas forcément en lien direct avec le besoin auquel répond le système.

I - 3 - 1 - Complétez la colonne de gauche du tableau ci-dessous avec les repérages des fonctions [FP1 à FP3 et FC1 à FC6] du diagramme « pieuvre ».

FP1	Permettre à l'utilisateur de stocker de l'énergie
	Tenir l'aérogénérateur dans le vent
	Ne pas gêner l'utilisateur
	Charger la batterie
	Respecter les normes en vigueur
	Satisfaire en énergie les besoins de l'utilisateur
	Résister aux agressions du milieu ambiant
	Fixer l'aérogénérateur
	Faire tourner l'éolienne

II - Câblage du système en mode manuel

La partie commande du système Eolicc est constitué de deux coffrets : l'un a directement rapport à la production du vent, c'est le coffret **VENTILATION**, l'autre est lié à l'éolienne, c'est le coffret **EOLIENNE**. Sur le coffret Eolienne, trois charges sont disponibles et peuvent être branchées en sortie de l'éolienne grâce à un commutateur rotatif :

- * Une batterie
- * Une ampoule
- * Une résistance
- * Essais à vide

Le raccordement au réseau électrique 230V 50Hz s'effectue depuis le coffret ventilation par un câble attenant muni à son extrémité d'une fiche secteur 2P + T 16A standard.

Sur les faces avant des coffrets, sont implantés des commandes de fonctions ou des sélecteurs de modes (interrupteurs, inverseurs ou commutateurs) : ceux-ci doivent être positionnés comme indiqué ci-après.

Certaines liaisons doivent également être effectuées sur les faces avant des coffrets à l'aide de cordons souples de sécurité, enfichables sur des douilles de sécurité.

II - 1 - Configuration du coffret Ventilation

En dessous du boîtier de commande *Altivar* et au dessus du symbole du motoventilateur, réalisez 3 liaisons verticales à l'aide de 3 cordons souples courts [comme indiqué sur le coffret], puis :

- * positionnez le sélecteur de consigne « **local ou externe** » sur « **local** »
- * positionnez le potentiomètre de « **consigne vitesse** » au minimum [vers la gauche]
- * positionnez l'interrupteur « **validation (déverrouillage)** » sur la position « **0** »

Le coffret Ventilation est maintenant configuré.

II - 2 - Configuration du coffret Eolienne

Câblage du moteur permettant de modifier l'orientation des pales :

- * positionnez le sélecteur d'alimentation de la motorisation d'orientation des pales [interrupteur noir de droite parmi les 3 alignés] sur la position « **alimentation 12V** » [symbole représentant une alimentation]
- * positionnez le sélecteur de commande « **local ou externe** » [interrupteur de gauche] sur la position « **local** »

Câblage de la charge alimentée par l'éolienne :

- * positionnez le bouton rotatif de commutateur de charge [sous « **CHARGES** »] vers la lampe
- * positionnez l'interrupteur d'alimentation de la lampe vers la sortie de l'éolienne [vers la droite]
- * réalisez une liaison entre les 2 bornes rouges **I** à l'aide d'un cordon court [et non entre les 2 bornes I BAT. !]

Les deux coffrets étant correctement configurés, le système est prêt à fonctionner.

II - 3 - Mise sous tension du système

Positionnez l'interrupteur général sur la position **1** [sous tension] : cet interrupteur rotatif rouge se trouve sur le flanc droit du coffret Ventilation :

- * les voyants « **sous tension** » s'allument sur les deux coffrets
- * la vitesse du vent s'affiche sur coffret Ventilation [0 km.h⁻¹]
- * l'angle d'orientation des pales de l'éolienne s'affiche sur le coffret Eolienne : cet angle est mesuré grâce au capteur d'inclinaison des pales

Pour mettre en service le système, appuyez sur le bouton poussoir vert lumineux « **MARCHE** » du coffret Ventilation pendant 3 secondes :

- * le voyant vert de ce bouton poussoir s'allume
- * le variateur de vitesse *Altivar* du ventilateur est alimenté

Remarque : si le système refuse de se mettre en service effectuez les vérifications suivantes :

- * vérifiez que les deux boutons d'arrêt d'urgence sont déverrouillés [ils doivent être tirés]
- * vérifiez que le coffret Ventilation est relié au réseau EDF 230V 50Hz à l'aide du câble

Le système étant alimenté, vous allez maintenant régler **et observer** l'orientation des pales de l'éolienne.

II - 4 - Réglage de l'orientation des pales

Dans cette partie **II - 4** le vent restera à l'arrêt. A l'aide de l'interrupteur à 3 positions nommé « **COMMANDE (sens)** » sur le coffret Eolienne [interrupteur noir central parmi les 3 interrupteurs alignés], réglez l'orientation des pales à 25° [à 2/10^{ème} de degré près] tout en observant le mouvement des pales de l'éolienne.

Toujours en observant le mouvement des pales sur l'éolienne, réglez leur orientation à 10° [à 2/10^{ème} de degré près].

II - 4 - 1 - Décrivez la position des pales par rapport au vent pour chacune des deux valeurs extrêmes de leur orientation, tout en précisant ces valeurs extrêmes :

.....

.....

.....

Réglez l'orientation des pales à 10°, toujours à 2/10^{ème} de degré près. Vous allez maintenant mettre en marche le ventilateur de la soufflerie.

II - 5 - Mise en marche de la soufflerie

Sur le coffret Ventilation, positionnez l'interrupteur « **validation (déverrouillage)** » sur la position « **1** », puis augmentez progressivement le potentiomètre de consigne de la vitesse du ventilateur jusqu'à atteindre une vitesse du vent de 40 km.h⁻¹ environ, en respectant les règles suivantes :

- * attendez que l'anémomètre tourne à vitesse constante avant de lire la vitesse du vent sur l'afficheur
- * si la vitesse ne se stabilise pas, réglez-la afin d'avoir 40 km.h⁻¹ minimum

Le ventilateur tourne et crée alors un flux d'air continu circulant à l'intérieur du coffret de protection de l'éolienne totalement fermé, produisant ainsi un vent soufflant sur les pales à la vitesse de 40 km.h⁻¹ environ.

L'anémomètre, mis en rotation sous l'effet du vent, permet de mesurer la vitesse du vent et de l'afficher numériquement en km.h⁻¹ sur l'afficheur du coffret Ventilation.

II - 5 - 1 - Observez le mouvement de l'éolienne. Arrive-t-elle à démarrer à grande vitesse ?

.....

.....

.....

II - 6 - Optimisation de l'orientation des pales

Pour les 4 questions suivantes (**II - 4 - 1** à **II - 4 - 4**) le vent souffle en continu à 40 km.h⁻¹ [environ].

II - 6 - 1 - Tout en observant les pales de l'éolienne et le dessus du coffret Eolienne, augmentez progressivement l'orientation des pales jusqu'à 25°. Que constatez-vous ?

.....

.....

II - 6 - 2 - Tout en observant les pales de l'éolienne et le dessus du coffret Eolienne, diminuez progressivement l'orientation des pales jusqu'à 10°. Que constatez-vous ?

.....

.....

II - 6 - 3 - Tout en observant les pales de l'éolienne et le dessus du coffret Eolienne, diminuez doucement l'orientation des pales jusqu'à 1°. Quel phénomène constatez-vous ? Précisez la valeur particulière de l'angle d'orientation des pales correspondant au phénomène observé.

.....

.....

.....

II - 6 - 4 - En utilisant seulement le bouton de réglage de l'orientation des pales, et en laissant la vitesse du vent à 40 km.h⁻¹, faites briller la lampe avec une puissance maximale. Quel est alors l'angle d'orientation des pales et la puissance fournie à la lampe ? Pour mesurer la puissance consommée par la lampe, remplacez la liaison effectuée au paragraphe **II - 2** par un ampèremètre et branchez un voltmètre entre les deux bornes **U** sur le coffret Eolienne.

.....

II - 6 - 5 - Quelle doit être l'orientation des pales afin que l'éolienne démarre à grande vitesse lorsque le vent se lève, c'est-à-dire passe de la vitesse de 0 km.h⁻¹ à la vitesse de 40 km.h⁻¹ ?

.....

II - 6 - 6 - Existe-t-il une orientation des pales constante afin que :

- * l'éolienne démarre lorsque le vent se lève
 - * la lampe s'allume au maximum lorsque le vent souffle à 40 km.h⁻¹ [environ]
 - * la lampe s'éteigne lorsque le vent s'arrête
-

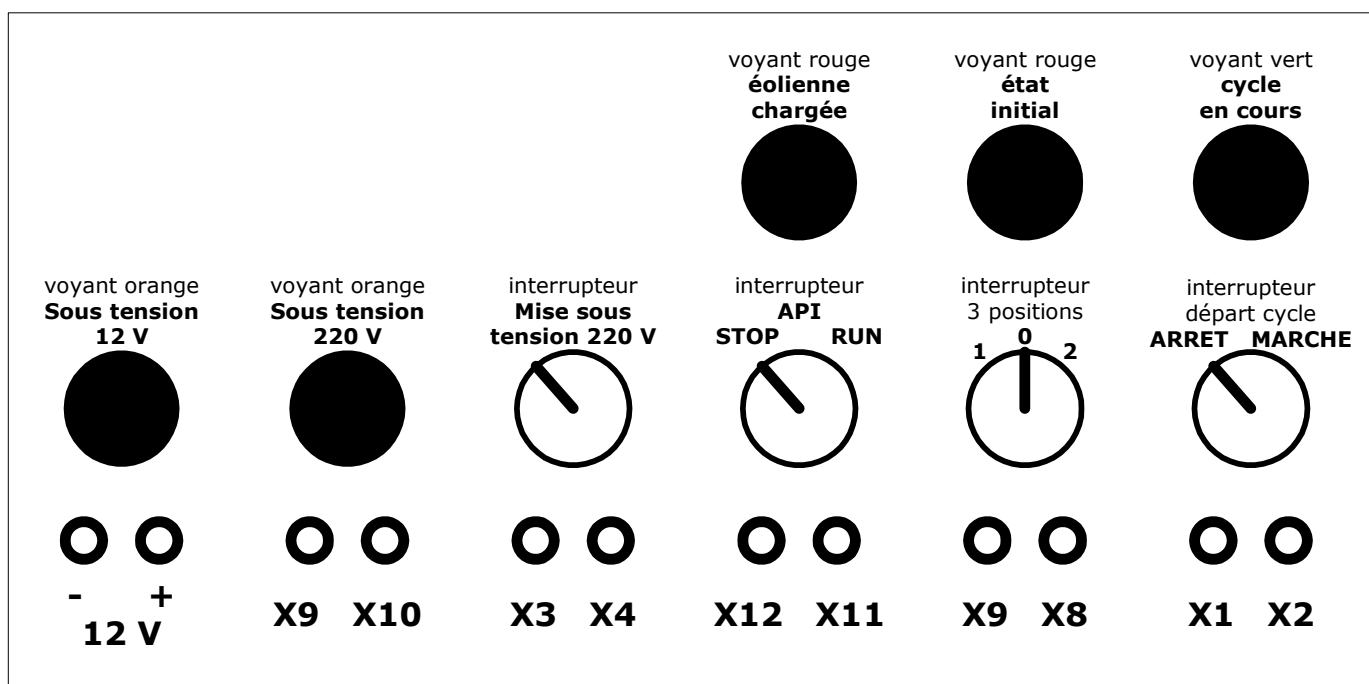
II - 6 - 7 - Que peut-on en conclure concernant l'autonomie de fonctionnement de l'éolienne ? L'éolienne peut-elle fonctionner seule sans intervention humaine ?

.....

III - Câblage du système en mode automatique

Pour faire fonctionner Eolicc en mode automatique, c'est-à-dire laisser le soin à un automate [API] de régler l'orientation des pales en fonction d'un programme enregistré dans l'API, il faut connecter les 2 coffrets d'Eolicc [coffret Ventilation et coffret Eolienne] aux entrées/sorties de l'automate.

L'image suivante rappelle les voyants, les interrupteurs, et les bornes de connexion disponibles sur le coffret de l'automate :



Synoptique du coffret automate

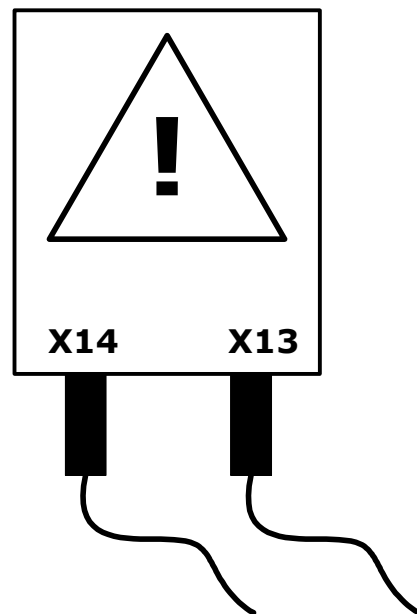
ATTENTION : il existe 2 bornes nommées **X9** : une borne **X9 bleue**, et une borne **X9 noire**, mais elle n'ont pas la même fonction.

Deux autres bornes **X14** et **X13** sont disponibles en-dessous du boîtier électrique gris situé à droite de coffret automate comme le montre l'illustration ci-contre.

Pour câbler les 3 coffrets [ventilation + éolienne + automate], suivez attentivement la procédure détaillée ci-dessous en 8 étapes.

RAPPEL : tout le câblage décrit dans les 8 étapes suivantes doit s'effectuer hors tension. Eolicc doit être complètement arrêté avant de commencer le câblage [l'interrupteur rotatif rouge se trouvant sur le flanc droit du coffret ventilationsur doit être sur la position 0].

Une fois les 8 étapes de câblage réalisées, vous devez les relire attentivement et vérifier une à une chacune des connexions réalisées par les cordons.



Attention : toute erreur de câblage serait fatale !

Réalisez maintenant les 8 étapes suivantes :

ETAPE 1 : connectez [sans la mettre en marche] une alimentation de 12 V sur les bornes **12 V - +** et sur les bornes **X9** et **X8** :

- * La borne **moins** de l'alimentation arrive à la fois sur la borne **bleue 12 V -** et sur la borne **noire X9** [utilisez 2 fils bleus].
- * La borne **plus** de l'alimentation arrive à la fois sur la borne **rouge 12 V +** et sur la borne rouge **X8** [utilisez 2 fils rouges].

ETAPE 2 : connectez les bornes **X9** et **X10** du coffret automate aux bornes **jaunes 0V** et **0-10 V** du coffret ventilation. Cette connexion va permettre à l'automate de piloter la vitesse du vent :

- * **X9 (bleue)** sera reliée à la borne jaune **0V**
- * **X10** sera reliée à la borne jaune **0-10V**

ETAPE 3 : connectez les bornes **X3** et **X4** du coffret automate aux deux bornes **rouges I** du coffret Eolienne, à la place du pont que vous aviez fait pour le fonctionnement en manuel. Cette connexion va permettre à l'automate de brancher ou de débrancher l'ampoule de l'éolienne.

ETAPE 4 : connectez les bornes **X12** et **X11** du coffret automate aux bornes **0-12V** situées en bas du coffret Eolienne. Cette connexion permet à l'automate de régler précisément l'orientation des pales :

- * **X12** sera reliée à la borne **verte 0**
- * **X11** sera reliée à la borne **rouge 12V**

ETAPE 5 : connectez les bornes **X1** et **X2** du coffret automate aux bornes **vertes 0 24V** situées sur le coffret Eolienne juste en dessous du CAPTEUR ROTATION. Cette connexion permet à l'automate de mesurer la vitesse réelle de l'éolienne, et d'adapter l'orientation des pales en fonction :

- * **X1** sera reliée à la borne verte **0**
- * **X2** sera reliée à la borne verte **24V**

ETAPE 6 : connectez les bornes **X14** et **X13** du coffret automate aux bornes **0V** et **0-24V** de L'ORIENTATION DES PALES situées en bas à gauche du coffret Eolienne. Cette connexion permet à l'automate de mesurer l'orientation actuelle des pales :

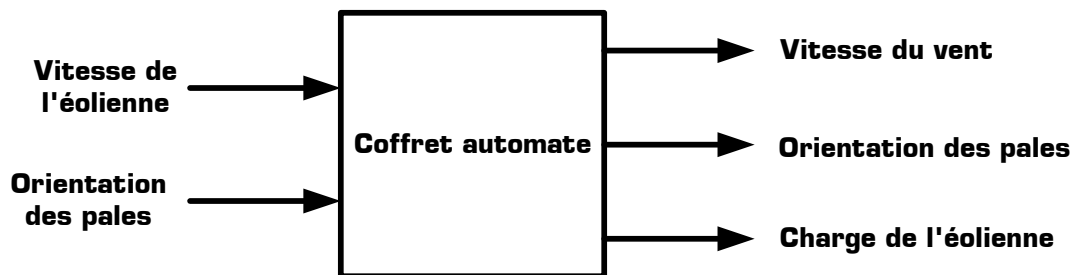
- * **X14** sera relié à la borne verte **0V**
- * **X13** sera relié à la borne verte **0-24V**

Après ces 6 premières étapes de câblage, l'automate reçoit en entrée 2 informations :

- * la mesure de la vitesse de l'éolienne
- * la mesure de l'orientation actuelle des pales

Et il peut contrôler en sortie 3 ordres :

- * la vitesse du vent
- * l'orientation des pales
- * la charge de l'éolienne [fermer ou pas le circuit de charge afin d'alimenter "d'un coup" l'ampoule]



Rôle des entrées et des sorties de l'automate

Remarque : comme c'est l'automate qui règle la vitesse du vent, il connaît cette grandeur sans la mesurer à partir d'un capteur.

ETAPE 7 : Sur le coffret Ventilation, en dessous du boîtier de commande *Altivar* et au dessus du symbole du motoventilateur, réalisez 3 liaisons verticales à l'aide de 3 cordons [comme indiqué sur le coffret].

ETAPE 8 : dans cette dernière étape, vous allez positionner correctement les différents interrupteurs sur les 3 coffrets :

Sur le coffret Ventilation :

- * positionnez l'interrupteur **LOCAL/EXT.** sur **EXT.**
- * positionner l'interrupteur **VALIDATION** sur **1**

Sur le coffret Eolienne :

- * positionnez l'interrupteur **ALIMENTATION LOCAL/EXT.** sur **EXT.**
- * aiguillez la charge de l'éolienne vers l'ampoule

Sur le coffret Automate :

- * positionnez l'interrupteur **mise sous tension 220V** sur **0**
- * positionnez l'interrupteur **API STOP/RUN** sur **STOP**
- * positionnez l'interrupteur à 3 positions sur **0**
- * positionnez l'interrupteur de départ du cycle **ARRET/MARCHE** sur **ARRET**

IV - Expérimentation en mode automatique

Si le voyant orange **Sous tension 220V** n'est pas allumé sur le coffret automate, connectez le coffret automate au secteur. Mettez ensuite Eolicc en service en mode automatique en respectant la procédure suivante :

- 1** - mettez sous tension Eolicc en positionnant l'interrupteur général sur la position **1** [cet interrupteur rotatif rouge se trouve sur le flanc droit du coffret ventilation]
- 2** - appuyez sur le bouton poussoir vert lumineux **Mise en service** du coffret ventilation pendant 3 secondes
- 3** - mettez en marche l'alimentation externe 12V : le voyant orange **Sous tension 12V** s'allume
- 4** - mettez sous tension l'automate en positionnant l'interrupteur **Mise sous tension 220 V** du coffret automate sur **1**
- 5** - lancez le programme enregistré dans l'automate en positionnant l'interrupteur **API STOP/RUN** sur **RUN** : le voyant rouge **état initial** s'allume
- 6** - pour démarrer un cycle, positionnez l'interrupteur de départ du cycle sur **MARCHE** jusqu'à ce que le voyant vert **cycle en cours** soit allumé : remettez alors l'interrupteur départ cycle sur **ARRET** puis observez l'évolution du système [la vitesse du vent, l'orientation des pales, la lampe située au dessus du coffret Eolienne]

Remarques :

- * Avant de mettre en marche un cycle, assurez-vous que l'orientation des pales est comprise **entre 4 et 6 degrés**
- * L'interrupteur à 3 positions du coffret automate doit toujours rester sur la position **0**
- * Une fois que le cycle est fini, pour relancer un nouveau cycle il suffit de mettre l'interrupteur départ cycle sur **MARCHE** [à condition que l'orientation des pales soit entre 4 et 6 degrés] pendant quelques secondes puis de le remettre sur **ARRET** une fois que le voyant vert est allumé

IV - 1 - Tracez sous forme de courbe [dans un repère gradué] l'évolution de la **tension** et du **courant** généré par l'aérogénérateur durant un cycle, en prenant une mesure toutes les 10 secondes sur un cycle.

IV - 2 - En déduire l'évolution de la puissance générée par l'aérogénérateur durant un cycle en utilisant vos points de mesure précédents. Vous présenterez vos résultats sous forme d'une courbe [dans un repère gradué], sans oublier de la commenter.

IV - 3 - Quelle est la puissance maximale délivrée par l'aérogénérateur lors d'un cycle à l'instant où l'interrupteur relié à la lampe se ferme ? Aurait-on obtenu la même puissance si l'ampoule était reliée en permanence à la sortie de l'aérogénérateur ? Expérimentez ce second cas et apportez des réponses chiffrées. En déduire la raison pour laquelle l'automate ne connecte l'ampoule qu'à la 90^{ème} seconde.

.....

.....

.....

.....

.....

IV - 4 - Décrivez sous forme d'un grafctet du point de vue système le fonctionnement d'Eolicc lors d'un cycle en mode automatique.

Voici la procédure d'arrêt complet du système lorsqu'il tourne en mode automatique :

- 1** - positionnez l'interrupteur de départ du cycle sur **ARRET** et attendez que le cycle en cours se termine
- 2** - positionnez l'interrupteur **API STOP/RUN** sur **STOP** pour arrêter le programme de l'automate
- 3** - positionnez l'interrupteur **Mise sous tension 220 V** sur **0** pour mettre l'automate hors tension
- 4** - arrêtez l'alimentation externe 12V
- 5** - arrêtez Eolicc en positionnant l'interrupteur général sur la position **0** [l'interrupteur rotatif rouge se trouvant sur le flanc droit du coffret ventilation]
- 6** - vous pouvez maintenant débrancher délicatement et ranger tous les cordons

V - Conclusion de vos observations

V - 1 - Résumez quels sont les avantages de notre éolienne Eolicc, par rapport à une éolienne « classique » à 3 pales comme on peut en trouver parfois en plein champ :

.....

.....

V - 2 - Quels sont, d'après vous, les avantages du mode automatique par rapport au mode manuel ?

.....

.....

.....

V - 3 - Durant le mode automatique, quelles actions particulières l'automate a-t-il effectué, que vous n'avez pas pensé à faire en mode manuel dans la partie **II - 6** ? Précisez l'intérêt de ces actions particulières.

.....

.....

.....

.....

A la fin du TP, débranchez entièrement Eolicc, puis rangez tous les cordons et tous les appareils de mesure à leur place