

CAHIER DES CHARGES

2.1 Points définis

Comme défini auparavant, le cahier des charges se porte principalement sur l'étude du coffret électrique déjà existant. Il a été défini le 11.05.2015 et précise qu'il faut réaliser les points suivants :

- Schéma de principe du système
- Description des processus gérés et plus particulièrement celui d'injection
- Documentation détaillée de chaque élément du coffret et des fonctionnalités du programme automate
- Plan de tests (fonctionnement et sécurité) et sa réalisation
- Aide à la maintenance du système

2.2 Composition du rapport

Dans un premier temps, une petite discussion présentant les applications prévues à moyen et long terme sera présentée.

Puis, après une présentation de l'éolienne à disposition, l'installation sera présentée de façon globale, avec un schéma de principe du système, avant d'approfondir l'analyse de chaque élément présent dans le coffret électrique.

Ensuite, le montage réalisé et les différents tests effectués et leurs résultats seront présentés. Ces tests sont divisés en 3 parties :

- Test du Speed Monitor (gestion de la vitesse)
- Test du programme automate
- Test de l'installation complète (injection d'énergie sur le réseau)

Enfin, après une aide à la maintenance du système composée d'explications concernant les différentes communications et autres réglages à effectuer, une conclusion sera présentée.

3 APPLICATIONS

L'éolienne à disposition va être mise en service à Chandonne, où les conditions climatiques extrêmes (moins de -25°C où plus de 50°C) ne sont normalement jamais atteintes. Cette solution à moyen terme est utile pour analyser le fonctionnement de l'éolienne et pour quantifier l'énergie réellement produite.

Après discussion avec le client (Dransenergie), l'application retenue à long terme serait d'installer ce type d'éolienne sur les cabanes de montagne, afin d'éviter d'avoir à consommer de l'énergie sur le réseau. En effet, durant l'été, une installation photovoltaïque peut produire suffisamment d'énergie pour compenser les besoins de la cabane. A contrario, durant l'hiver, les panneaux n'auront pas une production assez large. Mettre une éolienne en parallèle avec cette installation permettrait donc de compenser le manque de production. La possibilité d'être complètement indépendant du réseau serait donc intéressante pour une cabane.

Cependant, un problème apparaît lorsqu'une cabane est coupée du réseau. De par sa géométrie et son poids, ce type d'éoliennes (axe vertical) a besoin d'aide pour démarrer sa rotation. Cette aide peut être apportée par le réseau. Pour un cas de production en îlotage, elle peut être amenée par des batteries préalablement chargées par la production de cette éolienne. Le problème apparaît lorsque ces batteries sont vides : l'éolienne n'obtient plus d'aide pour démarrer sa rotation. La solution à ce problème est de développer un système mécanique indépendant du réseau et de l'installation électrique, qui pourrait fournir une impulsion suffisante pour pouvoir démarrer la rotation de l'éolienne dans toutes les situations possibles (accès au réseau ou non, batteries chargées ou plates).

4 INSTALLATION GLOBALE

4.1 Présentation de l'éolienne

L'installation à disposition est une éolienne à axe vertical de type Darrieus. Elle a été développée par l'entreprise Swiss Wind Energy et est maintenant propriété de Dransenergie SA, qui souhaite la mettre en service à Chandonne.

Ses données techniques sont les suivantes :

- Poids : 100 kg
- Longueur des pales : 2.5 m
- Diamètre : 2 m
- Puissance : 2 kW
- Vitesse du vent nécessaire pour produire de l'énergie : entre 3 et 16 m/s
- Sa structure résiste à des vents pouvant aller jusqu'à 50 m/s
- Tension de sortie : 230V / 50Hz

Sur l'arbre de l'éolienne se trouvent plusieurs composants :

- Un frein mécanique afin d'optimiser la sécurité du système
- Un réducteur pour la connexion au générateur
- Un générateur afin de produire de l'électricité

Cette éolienne est reliée à un coffret électrique, composé de plusieurs éléments développés dans la suite de ce travail, qui va gérer les différents modes de fonctionnement (marche, arrêt, freinage), ainsi que l'injection d'énergie produite sur le réseau.

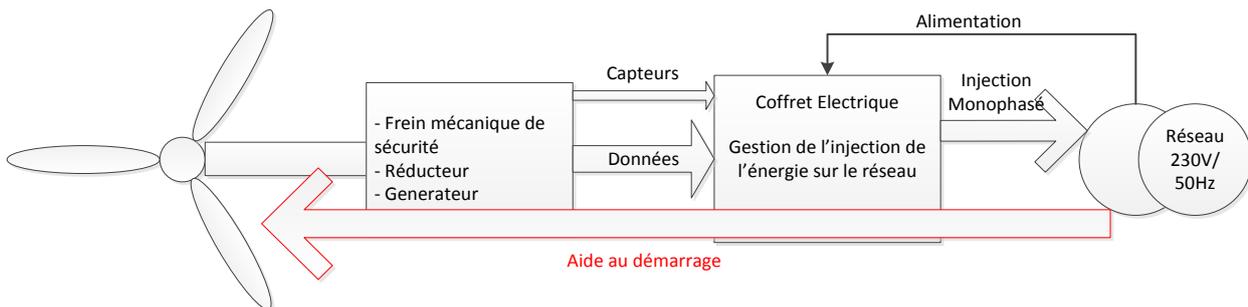


Figure 1 : Installation Eolienne

La géométrie de l'éolienne, avec ses pales verticales, comporte des avantages :

- Génératrice accessible
- Moins encombrante qu'une éolienne à axe horizontal
- Fonctionne avec des vents extrêmes : forts, faibles, turbulents

- Agréable au niveau visuel et acoustique

Malheureusement, il y a aussi des inconvénients :

- Faible rendement
- Démarrage difficile

Le démarrage est difficile à cause de sa géométrie et de son poids, si bien qu'elle aura besoin d'aide pour démarrer, car le vent seul ne va pas suffire à démarrer la rotation. Cette aide est fournie par le réseau, qui va alimenter le générateur pour faire démarrer l'installation. Le générateur travaille ainsi en mode moteur pendant un laps de temps nécessaire à faire démarrer la rotation.

4.2 Schéma de principe

Le coffret électrique, développé par Swiss Wind Energy et mis à disposition par Dran-senergie, est le suivant :

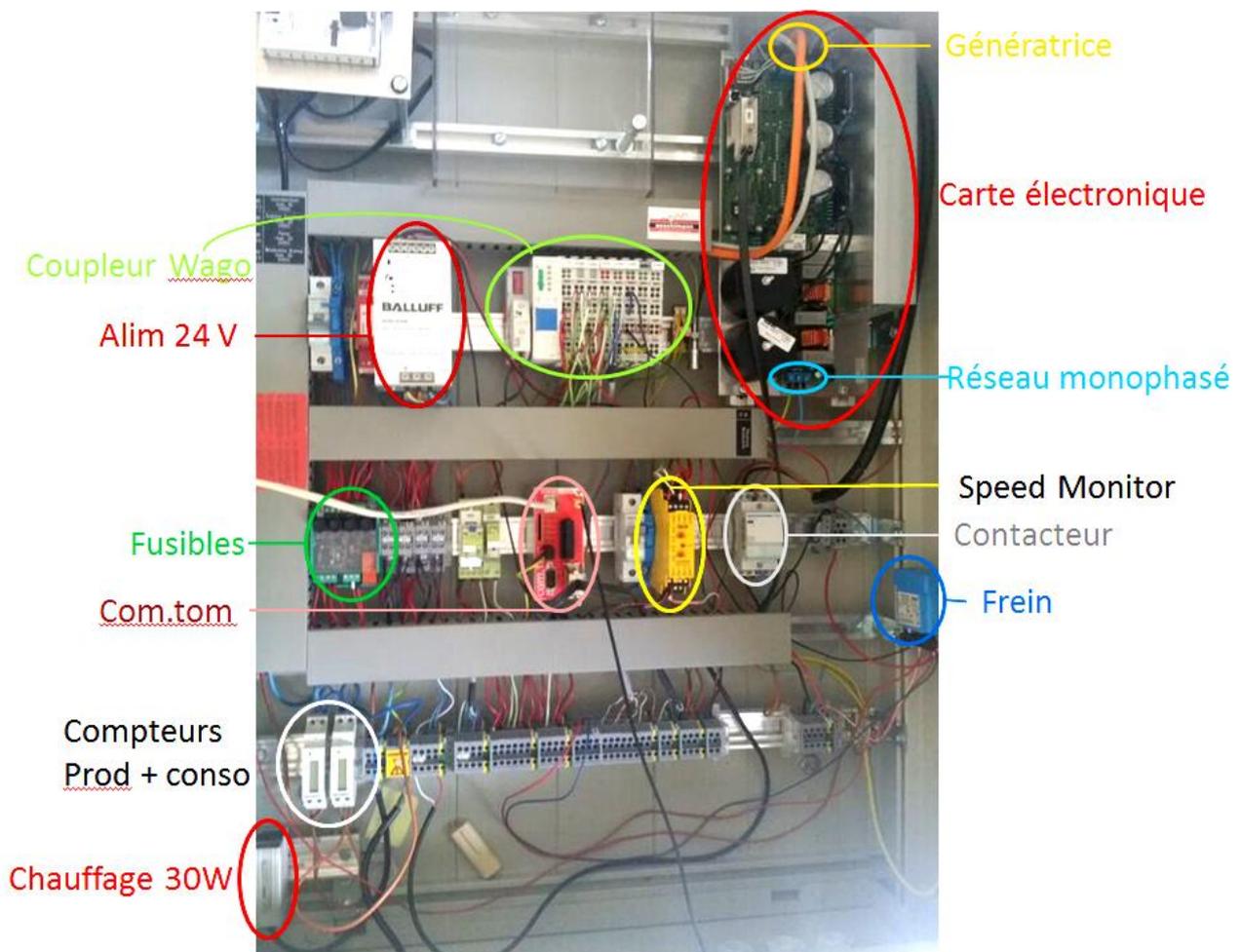


Figure 2 : Coffret électrique

Ce coffret est composé des éléments suivants :

- Carte électronique

- Coupleur Wago
- Alimentation 24 V
- Fusibles
- Com.tom RADIO 8.2
- Speed Monitor
- Contacteur (éolienne – réseau)
- Frein (commande)
- Compteurs de production et consommation
- Chauffage 30W

Tous ces composants seront décrits en détail dans la suite du projet.

Le schéma de principe de l'installation complète est le suivant :

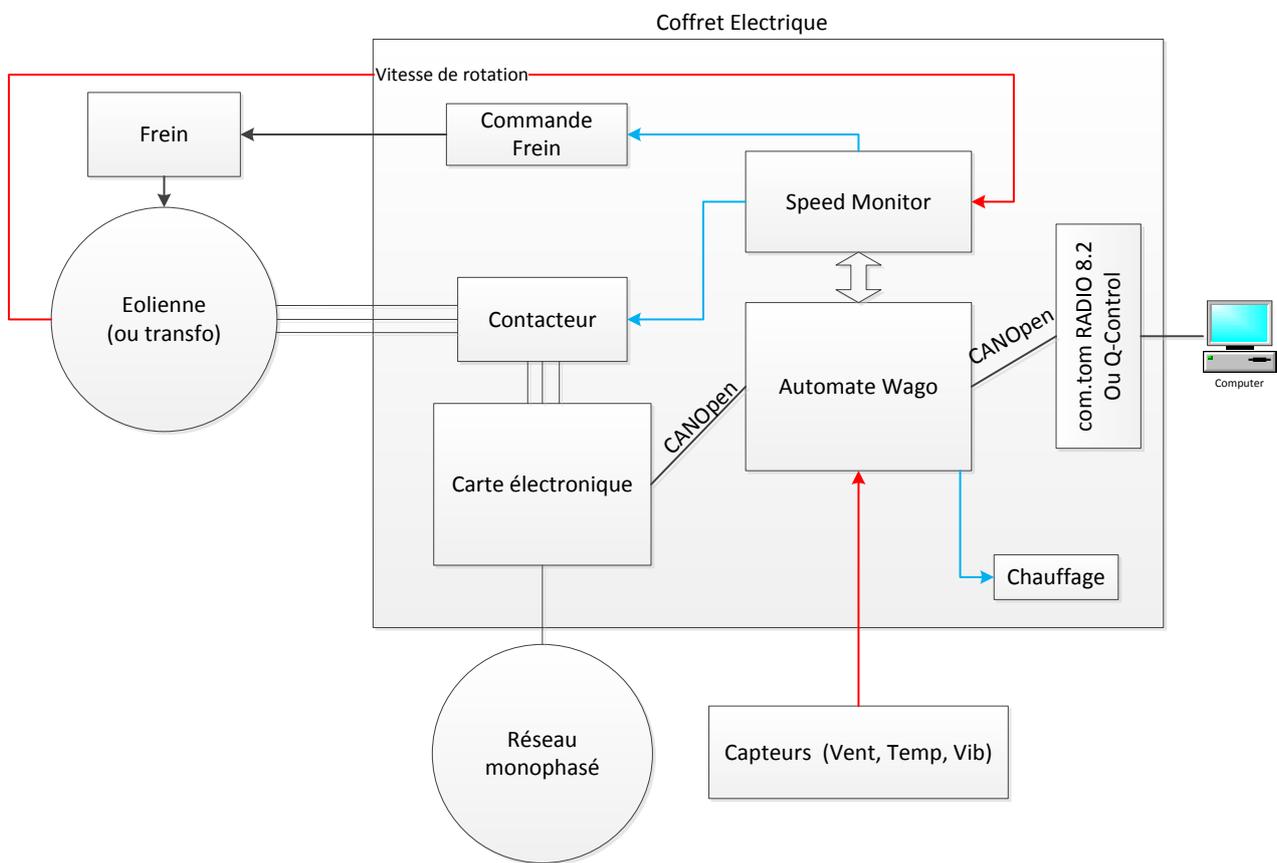


Figure 3 : Schéma de principe

Ce schéma montre bien les relations entre les différents composants. Les 3 éléments essentiels au bon fonctionnement du système complet sont la carte électronique, l'automate Wago et le Speed Monitor SICK. Ils reçoivent toutes les données nécessaires à la décision du mode de fonctionnement à adopter (vitesse de rotation, vent, températures, vibrations). Ils permettent ainsi de contrôler la vitesse de rotation de l'éolienne en commandant le frein, l'injection d'énergie produite sur le réseau monophasé en commandant le contacteur et la température du coffret en commandant un chauffage. Un réseau CANOpen relie

la carte électronique, l'automate et le com.tom (ou Q-Control) afin de faire transiter les données entre ces différents éléments, et de pouvoir gérer l'état de l'installation à distance (start, stop).

4.3 Coffret électrique

Dans ce travail, Speed Monitor est quelquefois abrégé par SM.

4.3.1 Carte Electronique

Le premier élément analysé est la carte électronique présente dans ce coffret. Elle est de type *B2B Converter, 1534-B2B-52-2.0.0*, développée par Drivetek AG pour Swiss Wind Energy. Il a été malheureusement impossible de consulter de la documentation concernant cette carte électronique, Swiss Energy et Drivetek AG nous ont certifié qu'il n'y en avait pas. Les explications concernant le fonctionnement ne sont donc pas garanties. Cependant, les renseignements obtenus auprès de différents professeurs d'électronique, notamment Philippe Barrade, ont grandement aidé à la compréhension du fonctionnement de celle-ci.

Elle est présentée de la manière suivante :

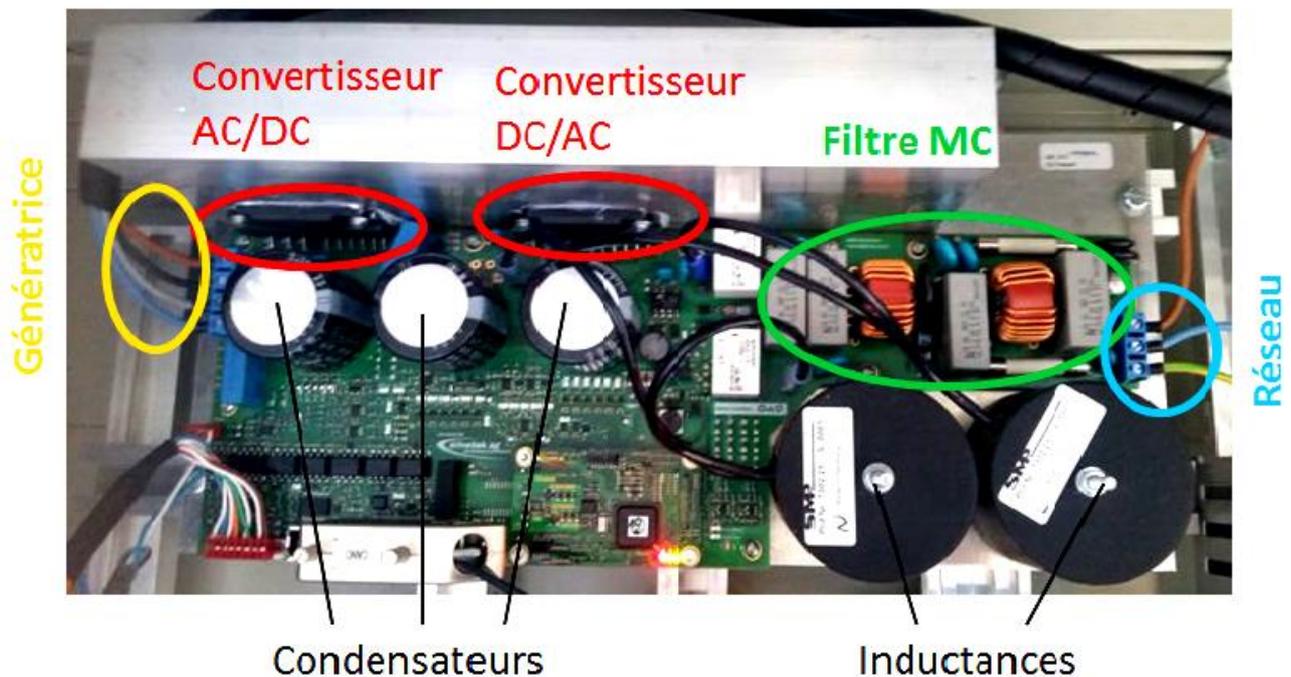


Figure 4 : Carte Electronique *B2B Converter, 1534-B2B-52-2.0.0*

La puissance transmise par l'éolienne va rentrer par la gauche de la carte (génératrice). Cette tension alternative triphasée va être convertie en tension continue grâce au convertisseur bidirectionnel accolé au radiateur. Il fait office de redresseur afin de créer un bus DC, nécessaire pour ensuite élever cette tension.

Les condensateurs et une inductance sont utiles pour le transport de la tension DC jusqu'au 2^{ème} convertisseur bidirectionnel. La tension est élevée par un boost¹ avant

¹ Un boost est un élévateur de tension DC/DC

d'entrer dans ce convertisseur. Celui-ci fait office d'onduleur afin d'obtenir de la tension alternative monophasée pouvant être injectée sur le réseau. Il y a également un filtre Mode Commun afin de limiter les perturbations électromagnétiques.

Dans le cas inverse, dans lequel le réseau doit alimenter l'éolienne, ce circuit est emprunté dans le sens inverse. L'énergie est fournie par le réseau en tension alternative monophasée, tension redressée par le convertisseur bidimensionnel et abaissée à la sortie de celui-ci. Puis cette tension est amenée par le bus DC jusqu'au 2^{ème} convertisseur, qui fait office dans ce cas d'onduleur triphasé. Elle est ensuite envoyée au générateur qui fonctionne en moteur, afin de faire démarrer la rotation de l'éolienne.

C'est donc un convertisseur back to back², qui permet au flux de puissance de passer dans les 2 sens, comme résumé dans la figure suivante.

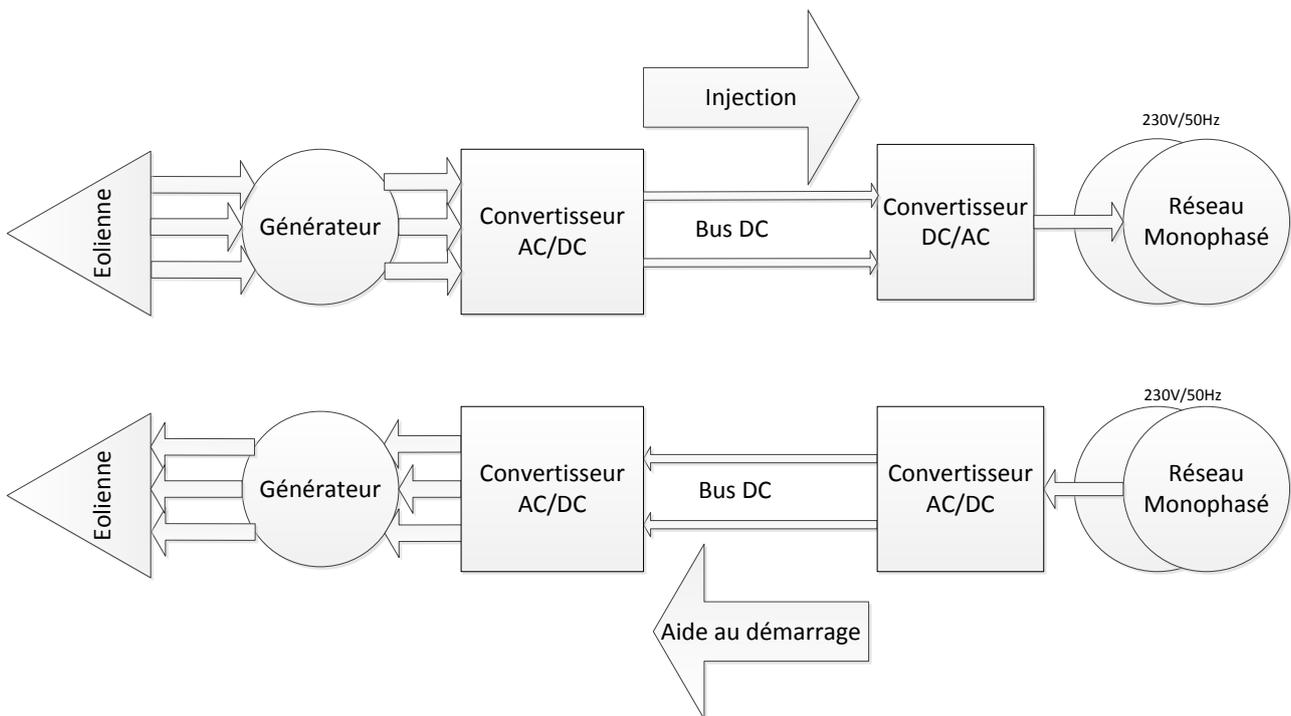


Figure 5 : Flux de puissance carte électronique

En résumé, cette carte électronique possède donc 2 fonctions distinctes : la première est d'aider l'éolienne à démarrer. Puis, une fois le démarrage effectué sans problème, la deuxième fonction est d'injecter l'énergie produite par le générateur dans le réseau.

4.3.2 Automate

.4.3.2.1 Description générale

Le deuxième élément analysé est l'automate Wago 750-348. Il s'agit d'un coupleur, qui est un bloc d'entrées-sorties déportées, et il est composé de 6 modules différents, dont les datasheets peuvent être consultés en annexe 1 :

² Un back to back est un convertisseur bidirectionnel

- 750-602 : module d'alimentation +24V
- 750-430 : digital INPUTS (Fusibles, SMError, SMResetStatus)
- 750-530 : digital OUTPUTS (Heating, SMToggle, SMEnable, SMPower)
- 750-459 : analog INPUTS (Capteurs vent et vibrations X et Y 0-10 V)
- 750-461 : analog INPUTS (Capteurs températures int et ext, sondes NI1000)
- 750-461 : analog INPUTS (Alim 5V)

Ce coupleur ne peut pas être directement programmé. Il faut donc se connecter au master, afin que celui-ci envoie le programme au coupleur. Dans ce cas, le master est le com.tom RADIO 8.2, ce qui est détaillé dans le point 4.3.5.2. *com.tom*.

.4.3.2.2 Programme

Le programme a été fourni par Dransenergie et est le suivant :
Drehzahl_Container_ComTom_Codesys_Windsim

Il est développé avec CoDeSys V 2.3.9.46 et s'occupe de 2 processus principaux, en collaboration avec le Speed Monitor : la gestion de la vitesse de rotation de l'éolienne, et l'injection de l'énergie produite sur le réseau. La gestion du chauffage du coffret y est également présente, mais c'est un processus moins important. Les processus sont décrits en détails dans le point 5. *Tests fonctionnement*.

Le programme présent dans l'automate est décortiqué selon le graphe d'état suivant :

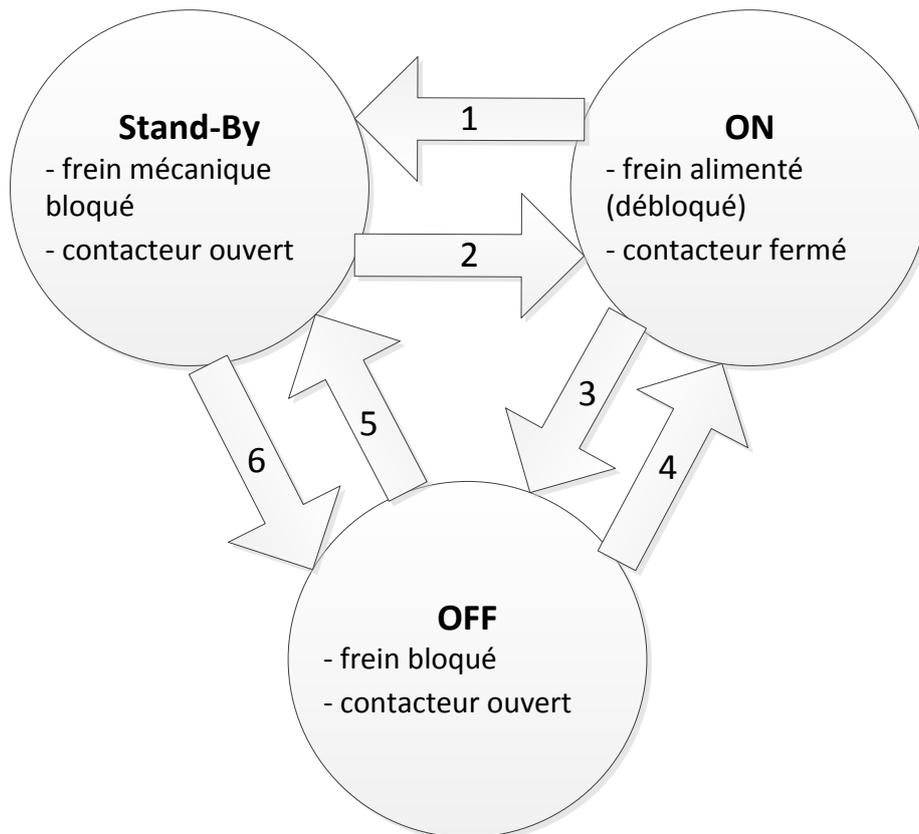


Figure 6 : graphe d'état programme automate

Dans tous les états, les données sont enregistrées et si la température intérieure est inférieure à -25°C, le chauffage se met en marche.

Les significations des transitions sont les suivantes :

- 1 : vent > vent_max = 15 m/s ou temp (int ou ext) > temp_max (int ou ext) = 50°C
- 2 : 3.8 m/s < vent < 15 m/s ou -25°C < temp (int ou ext) < 50°C

Le démarrage s'effectue de la manière suivante :

- Frein alimenté par du 24V → il va se débloqué et autoriser la rotation
 - Fermeture du contacteur entre l'éolienne et le réseau
 - Détermination par l'électronique de la vitesse de rotation en fonction du profil du vent
 - Validation via le réseau CANOpen pour l'électronique
 - Passage à l'état ON
- 3 : vitesse de rotation max (320 U/min) atteinte ou vib > vib_max = 1.5V ou temp_rotor > temp_rotor_max = 50°C ou faute dans l'électronique
 - 4 : autorisation depuis le monitoring ou suppression de l'erreur dans l'électronique
 - 5 : vib < vib_max = 1.5V
 - 6 : vib > vib_max = 1.5V

La différence entre l'état Stand-By et l'état OFF est que pour passer de l'état Stand-By à l'état ON, un changement de l'état des capteurs (vent ou température int ou ext) suffit. En revanche, pour passer de l'état OFF à l'état ON, il faut envoyer un signal qui confirme l'autorisation de changement d'état, signal envoyé soit par le com.tom, soit par Q-Control (monitoring).

Dans ce programme, plusieurs modes de fonctionnement sont à disposition, afin d'effectuer différents tests :

- Fonctionnement normal
- Simulation manuelle de la vitesse du vent
- Simulation du profil de la vitesse du vent, selon un tableau de valeurs définies
- Accélération manuelle du rotor selon une référence
- Vitesse du rotor référencée manuellement
- Contrôle du couple par calcul
- Contrôle du couple manuel
- Détermination de la vitesse du rotor selon une procédure d'arrêt
- Simulation du profil de la vitesse du vent, selon un tableau de valeurs définies sur une borne de sortie
- Comme le mode précédent, avec une limitation d'accélération

Le programme comprend les modules suivants :

.4.3.2.2.1 Heating

Cette partie gère l'activation du chauffage présent dans le coffret pour que la température interne reste comprise entre les valeurs critiques définies dans le programme (minimum : -25°C).

.4.3.2.2 Message

Les messages sont détectés et transformés en fichiers textes, afin d'être consultables.

.4.3.2.3 Portal

Cette partie gère la communication. Les différentes variables sont initialisées en recevant un nom, un type et une adresse, avant d'être chargées lorsque l'initialisation est demandée.

.4.3.2.4 PowerElectronic

Cette partie détermine la vitesse de rotation et le moment de la génératrice, en fonction de la vitesse du vent (moyenne de points de mesures), du mode de fonctionnement et des différentes valeurs reçues des capteurs.

Les puissances du réseau et de la génératrice sont également calculées.

.4.3.2.5 Rotor

La gestion du démarrage ou de l'arrêt du rotor de la génératrice s'effectue dans cette partie. Dans les 2 cas, des conditions initiales devront être remplies afin d'activer un ou l'autre processus.

Pour démarrer le rotor, il faut que toutes ces conditions soient remplies :

- Vent acceptable (entre 4 et 14 m/s)
- Pas d'erreur dans l'électronique
- Vibrations acceptables (entre 1.5 et 2.5 V)
- Températures extérieure, du coffret et du frein acceptables (entre -25 et 50 °C)
- Pas d'erreur transmise par le Speed Monitor
- Fusibles fonctionnels

Lorsque ces conditions sont respectées, l'exécution du programme est dans la classe RunRotor et le signal SpeedMonitorEnable =1, ce qui veut dire que l'injection d'énergie sur le réseau est possible.

Pour arrêter le rotor, il faut qu'une des conditions suivantes soit remplie :

- Vent non acceptable (< 3.8 m/s ou > 15 m/s)
- Vibrations non acceptables (< 1.5V)
- Fréquence de rotation trop élevée (> 16 Hz)
- Vitesse du rotor au-dessus du seuil critique (> 320 U/min)
- Températures extérieure, du coffret ou du frein non acceptables (< -25°C ou > 50°C)
- Erreur dans l'électronique
- Erreur transmise par le Speed Monitor
- Fusibles défectueux
- Si le mode d'opération est la procédure d'arrêt

Lorsque ces conditions sont remplies, l'exécution du programme est dans la classe StopRotor et le signal SpeedMonitorEnable = 0, ce qui veut dire que l'injection d'énergie sur le réseau n'est pas possible.

.4.3.2.2.6 Sensor

Les différentes valeurs reçues par les capteurs sont comparées aux valeurs limites prédéfinies, afin de déterminer si les conditions de démarrage ou d'arrêt sont remplies. Les différentes valeurs traitées ici sont les températures (ext, int, frein) et les vibrations (X et Y).

.4.3.2.2.7 SpeedMonitor

Ce bloc gère la sortie de l'automate SpeedMonitorToggleBitI2 (QX1.4).

.4.3.2.2.8 Windprofil

Le mode de fonctionnement utilisé (cf. 3.3.2.2 Programme) va déterminer le profil du vent. Ce profil peut suivre les valeurs données par le capteur ou celles données par un tableau de valeurs prédéterminées par exemple. Si les conditions critiques sont atteintes, la vitesse du vent sera considérée comme nulle.

4.3.3 Speed Monitor

Le module Speed Monitor s'impose comme un composant important de cette installation. Il est de type MOC3SA-B, fabriqué par SICK, et est alimenté en 24V. C'est un module de sécurité servant à limiter la fréquence de rotation de l'éolienne. Pour ce modèle, la limite de rotation réglable est de 0.5 à 99 Hz. Pour cette installation, la fréquence de rotation limite est de 16 Hz, ce qui correspond à 320 U/min.

Le mode de fonctionnement est déterminé selon le câblage des bornes et est, dans ce cas, le mode C-2³.

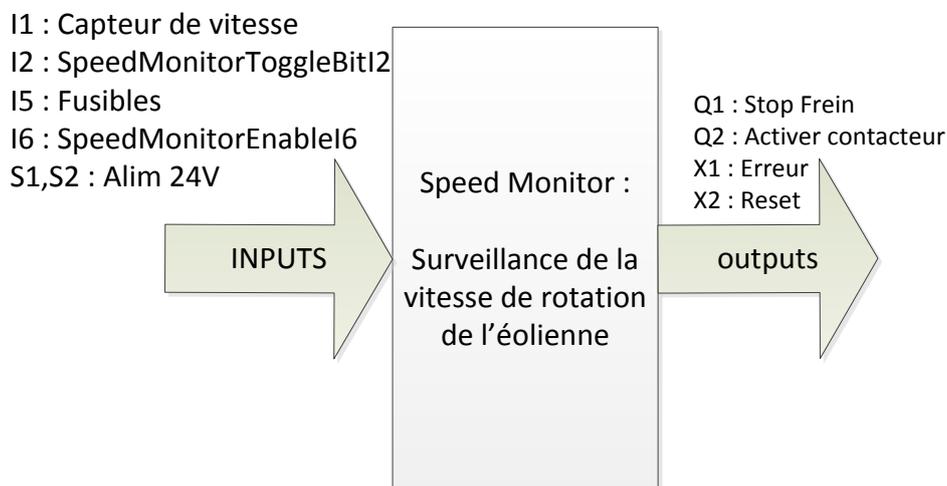


Figure 7 : Speed Monitor

La borne I1 est reliée à un capteur donnant la vitesse de rotation de l'éolienne en Herz. L'automate envoie un bit qui toggle à une fréquence de 2 Hz sur la borne I2. I5 est un bit indiquant l'état des fusibles (0 : problématique ; 1 : fonctionnels). I6 indique si les sorties peuvent être activées ou non.

³ Annexe 2 : datasheet Speed Monitor, page 79

Les sorties Q1 et Q2 ont toujours le même état. Quand ils sont à 1, Q1 désactive le frein et Q2 active le contacteur entre l'éolienne et la carte électronique. X1 indique s'il y a une erreur dans le fonctionnement de ce Speed Monitor (par exemple alimentation défectueuse ou vitesse de rotation trop élevée). X2 indique l'état de la vitesse de rotation (0 : en-dessus de Flimit ; alterne : attente de réarmement ; 1 : en-dessous de Flimit).

Le diagramme d'état du fonctionnement du Speed Monitor est le suivant :

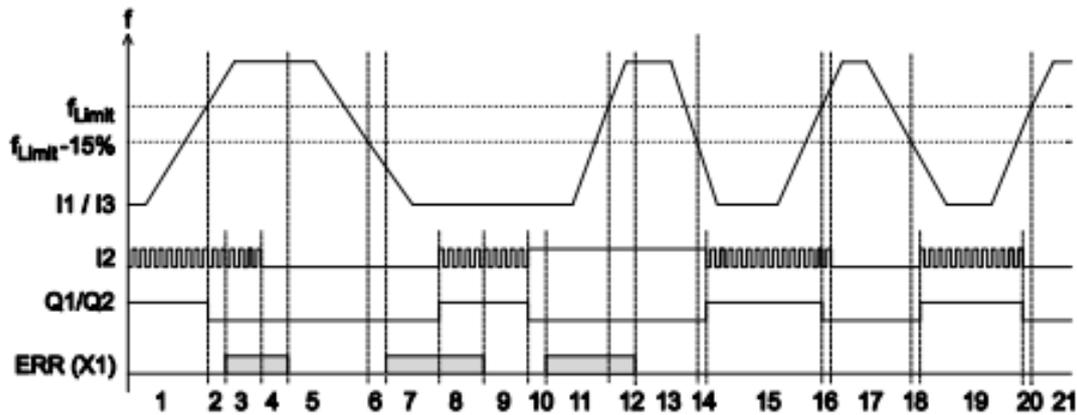


Figure 8 : Diagramme d'état du Speed Monitor⁴

Quand la vitesse de rotation est en-dessous de Flimit, que I2 toggle et que SMEnable = 1, les sorties Q1 et Q2 sont activées. Dès que la vitesse de rotation de l'éolienne dépasse Flimit (16 Hz), Q1 et Q2 passent à 0. Le frein est activé et le contacteur ouvert, ce qui va entraîner une baisse de la vitesse de rotation. Le signal X1 (SMError) est à 1 lorsqu'il y a des incohérences dans le fonctionnement, par exemple si $I1 > Flimit$ et I2 toggle, ou si $I1 < Flimit$ et I2 stable. Le signal X2 (SMResetStatus) envoyé à l'automate à comme état 0 lorsque $I1 > Flimit$, 1 lorsque $I1 < Flimit$ et clignote lorsqu'il est en attente de réarmement. Cela signifie que X2 attend que l'appareil soit hors puis sous tension pour reprendre un état stable.

Après avoir dépassé Flimit, il y a une hystérèse de 15% avant de pouvoir remettre les sorties et X2 (SMResetStatus) à 1.

4.3.4 Frein

Le frein présent sur l'arbre de la génératrice est frein de sécurité de type ROBA-stop-M, 100/891.100.0, fabriqué par mayr.

Ce frein mécanique est alimenté par un ROBA-switch 24V, de type 1/018.100.2, qui va déterminer si le frein doit être activé ou peut être détendu, et a un couple de freinage de 180 Nm.

La vue en coupe sur l'arbre de l'éolienne est la suivante :

⁴ Annexe 2 : datasheet Speed Monitor, page 82

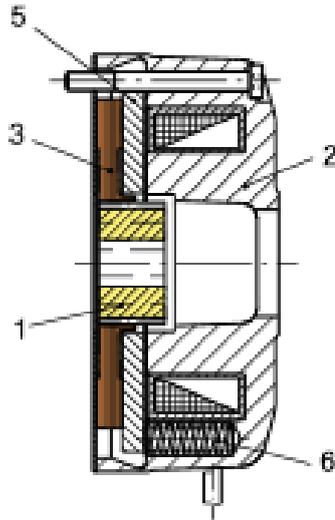


Figure 9 : Frein électromagnétique⁵

Il fonctionne de la manière suivante⁶ :

- *Courant de repos* : Quand on coupe le courant, les ressorts (6) exercent une poussée sur le disque (5). Le rotor (3) est ainsi freiné entre le disque (5) et la surface de fixation de la machine. L'arbre est freiné à travers le moyen cannelé (1).
- *Electromagnétisme* : Lorsque le frein est alimenté, le champ magnétique se forme. Le disque de freinage (5) est attiré sur le porte-bobine (2) contre la précontrainte des ressorts. Le frein est débloqué et l'arbre peut tourner.
- *Freins de sécurité* : Le freinage est assuré par la pression des ressorts à la coupure du courant, en cas d'urgence ou en cas de panne de courant.

Au niveau de la sécurité, ce système est idéal car, comme expliqué plus haut, s'il y a un problème quelconque, comme une panne de courant, le frein électromagnétique ne sera plus alimenté, et donc les ressorts bloqueront la rotation de l'arbre.

4.3.5 Réseau CANOpen

4.3.5.1 CANOpen

CANOpen est une couche applicative pour les bus de terrain de type CAN. Le protocole CAN (Controller Area Network) permet de raccorder plusieurs éléments pour qu'ils puissent interagir sur les mêmes données. C'est un élément indispensable pour la communication des données.

Un réseau de bus CANOpen est présent dans cette installation, comme visible sur la figure suivante.

⁵ Annexe 3 : datasheet Frein, page 2

⁶ Annexe 3 : datasheet Frein, page 2

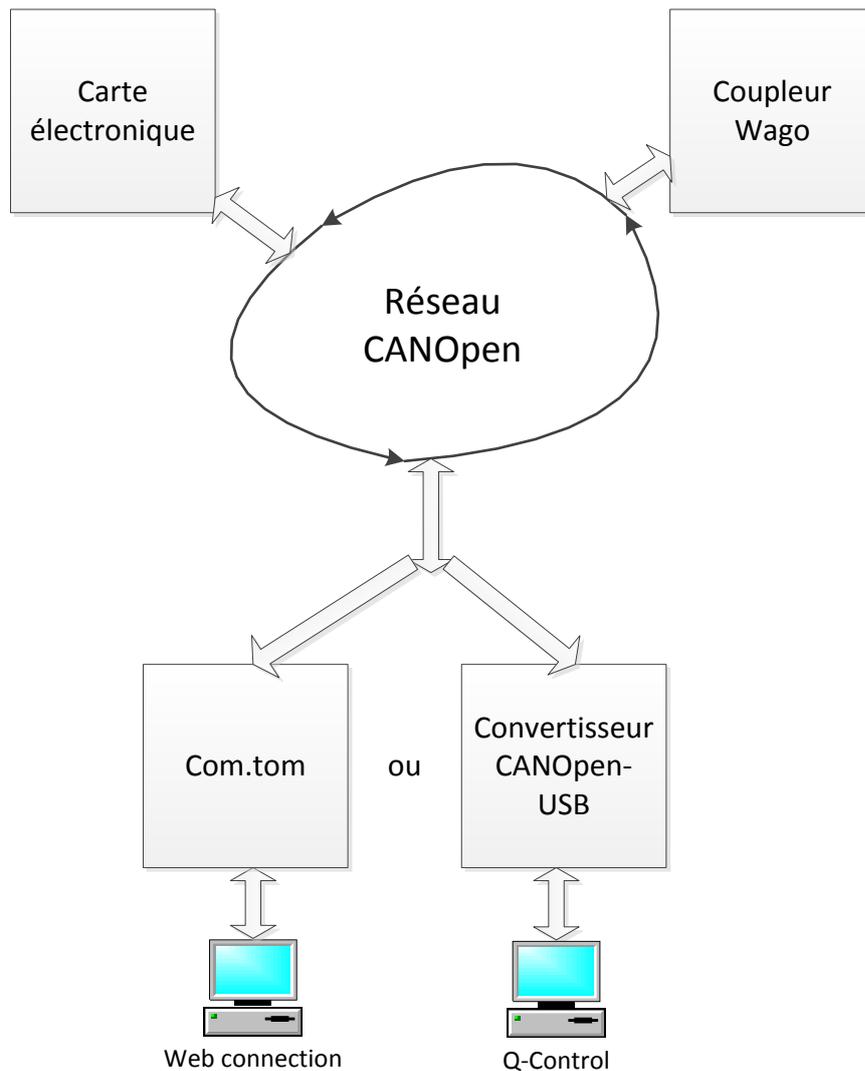


Figure 10 : Réseau CANOpen

Le réseau CANOpen relie plusieurs éléments entre eux : la carte électronique, le coupleur Wago et un troisième élément : soit le com.tom, soit le convertisseur CANOpen–USB. Les données sont communiquées grâce à une antenne sur internet par le com.tom, et le convertisseur est relié au logiciel Q-Control sur un ordinateur.

La communication dans ce réseau CANOpen s’effectue par l’envoi et la réception de trames CAN servant à communiquer les données. Ces trames ont la structure suivante.

SOF	Champ d'arbitrage	Champ de commande	Champ de données	Champ de CRC	ACK	EOF
1 bit	12 ou 30 bits	6 bits	de 0 à 64 bits	16 bits	2 bits	7 bits

Figure 11 : Structure d'une trame CAN⁷

La partie principale est le champ de données, qui permet de communiquer des informations. Une liste comportant les différents identificateurs pour chaque type de donnée

⁷ Tiré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network

transmise a été fournie dans la documentation de l'installation (par exemple fréquence de rotation, tension du bus DC, températures, etc...).

.4.3.5.2 Com.tom

Le com.tom RADIO 8.2 est un élément développé par beck IPC. Il est alimenté en 24V, et a 2 fonctionnalités distinctes :

- C'est le master de l'installation. Un automate comprenant le langage CoDeSys est présent dans ce com.tom. Le programme développé sur CoDeSys y est donc envoyé et celui-ci va lui-même commander le coupleur Wago, en lui envoyant des différentes trames pour démarrer ou stopper l'installation.
- Ce module comporte également une antenne, car il est utile au monitoring de l'installation. En effet, les différentes données et signaux peuvent ainsi être consultés sur internet, dès que ce com.tom est connecté.

.4.3.5.3 Convertisseur CANOpen – USB

Lors de l'étude approfondie du coffret électrique, il est préférable de connecter le convertisseur CANOpen – USB au réseau CANOpen au lieu du com.tom. Le monitoring des données peut être effectué soit avec le com.tom, soit avec ce convertisseur, qui est connecté à un ordinateur. Le logiciel Q-Control, développé par SKAltek GmbH, est connecté à ce convertisseur et se présente de la manière suivante.

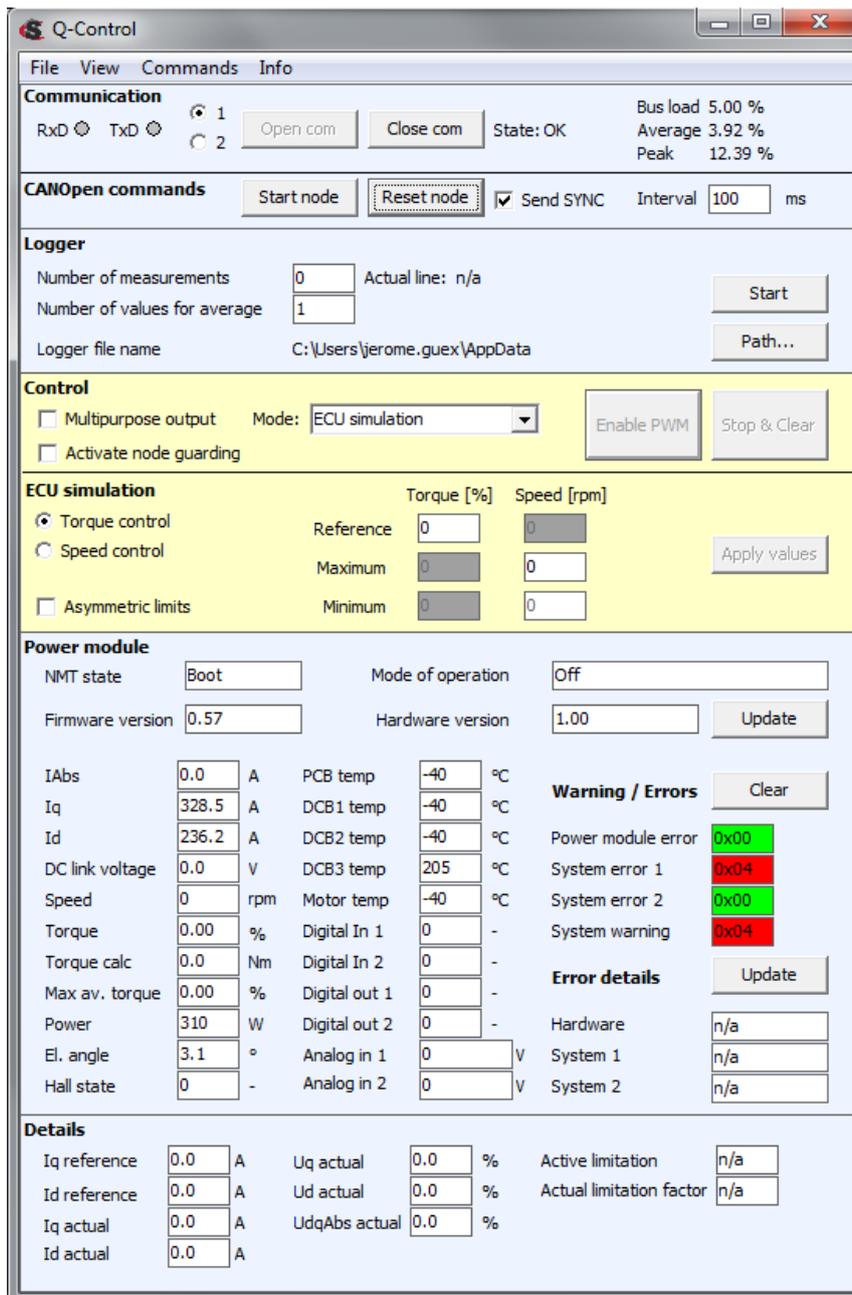


Figure 12 : Logiciel Q-Control

Cette fenêtre permet de visualiser différentes valeurs, comme la tension du bus DC ou la vitesse de rotation par exemple. L'état du programme (start, stop) peut également être commandé depuis le menu *View* → *CAN logger*.

La signification des 2 erreurs présentes est la suivante :

- System error 1 : 0x04 : Motor over temperature
- System warning : 0x04 : Reference or limit values were adjusted

Elles sont dues au fait que la carte électronique ne reçoit pas les signaux envoyés du moteur, car celui-ci est sur l'éolienne. Lors de la mise en service, ces erreurs doivent disparaître.

4.3.6 Autres composants

.4.3.6.1 Alimentation 24V

L'alimentation 24V est de type BALLUF BAE0006 et est alimentée par du 230V/50Hz, provenant du réseau. Elle est utile pour garantir le bon état de marche de plusieurs éléments de ce coffret. En effet, elle sert à alimenter le coupleur Wago, le module Speed Monitor, la commande du frein (ROBA- Switch) et le com.tom RADIO 8.2. Le datasheet de cette alimentation peut être consulté en annexe 4.

.4.3.6.2 Fusibles

Les fusibles sont de type 45225B/1, fabriqué par woertz et alimenté par du 24V. Ils sont utiles pour couper l'alimentation s'il y a un problème avec un composant ou avec un câble, afin que ce problème ne provoque pas la défaillance des autres composants. Le datasheet de ces fusibles peut être consulté en annexe 5.

.4.3.6.3 Chauffage

Le chauffage utile à réchauffer le coffret en cas de températures trop basses est de type EGK030, fabriqué par ELDON. C'est un chauffage 30W alimenté par du 230V. Le datasheet de ce chauffage peut être consulté en annexe 6.

5 TESTS FONCTIONNEMENT

5.1 Matériel

Afin de réaliser différents tests pour contrôler le bon fonctionnement de l'installation, il a été nécessaire de monter un protocole de test. Ce protocole est divisé en 3 parties, développées dans les points suivants.

Il a ainsi fallu simuler les différentes entrées du Speed Monitor ou du coupleur Wago, afin de pouvoir analyser les réactions des sorties de ces éléments. Les différents types de capteurs sont décrits dans les points suivants :

- Vitesse de rotation : signal en Hz : 16 Hz = 320 U/min
- Vitesse du vent : capteur de vent 4.3515.5x.x61, plage de mesure : <math><0.9...40\text{ m/s}</math>
 $\Leftrightarrow 0...10\text{ V}$
- Vibrations : capteur KAS901-52A, plage de mesure : 0.5...4.5 V, point 0 = 2.5 V, Vib max = $2.5 \pm 1\text{ V}$
- Températures intérieure et extérieure : sondes NI1000, $0^\circ = 1000\Omega$, $22^\circ = 1100\Omega$:

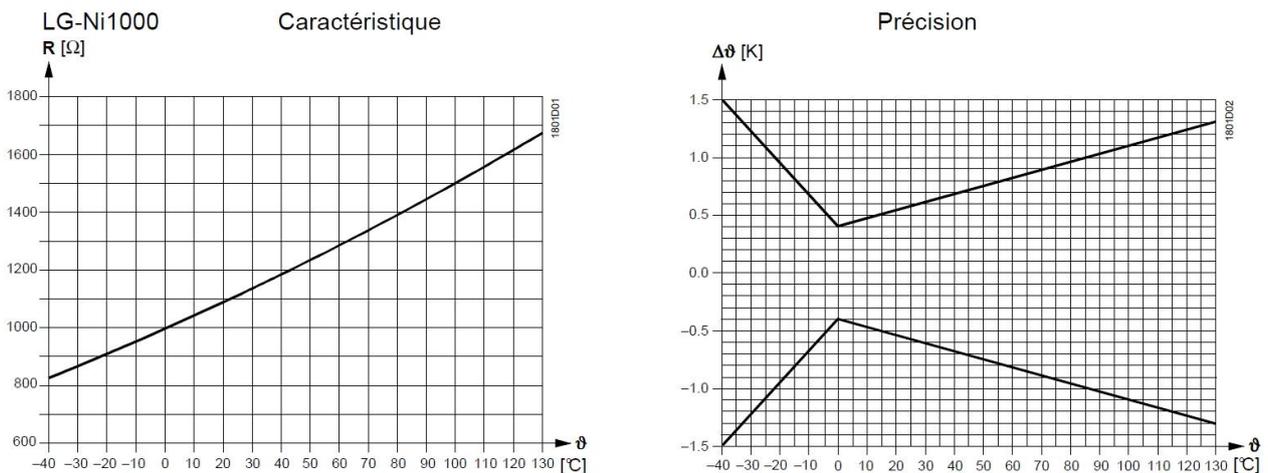


Figure 13 : Sonde de température NI1000

Le matériel nécessaire pour réaliser ces tests est le suivant :

Tests	Simulation	Type	Matériel
	Alimentation	entrées	Alimentation 24V
SpeedMonitor	Vitesse de rotation	entrée	générateur de fonction + amplificateur 24V
	SpeedMonitorToggleBitI2	entrée	générateur de fonction + amplificateur 24V
	Fusibles	entrée	switch
	SpeedMonitorEnableI6	entrée	switch
	SpeedMonitorPower	entrée	switch
	SpeedMonitorError	sortie	light
	SpeedMonitorResetStatus	sortie	light
	Frein et contacteur	sortie	light
Programme Automate	Fusibles	entrée	switch
	SpeedMonitorError	entrée	switch
	SpeedMonitorResetStatus	entrée	switch
	Vitesse du vent	entrée	potentiomètre 0-10 V
	Vibrations X	entrée	potentiomètre 0-5V
	Vibrations Y	entrée	potentiomètre 0-5V
	Température intérieure	entrée	résistance variable 1.5 kΩ
	Température extérieure	entrée	résistance variable 1.5 kΩ
	Heating	sortie	light
	SpeedMonitorToggleBitI2	sortie	light
	SpeedMonitorEnableI6	sortie	light
SpeedMonitorPower	sortie	light	
Injection	Vitesse de rotation	entrée	générateur de fonction + amplificateur 24V
	Vitesse du vent	entrée	potentiomètre 0-10 V
	Vibrations X	entrée	potentiomètre 0-5V
	Vibrations Y	entrée	potentiomètre 0-5V
	Température intérieure	entrée	résistance variable 1.5 kΩ
	Température extérieure	entrée	résistance variable 1.5 kΩ
	Heating	sortie	light
	Frein et contacteur	sortie	light
	Flux de puissance	mesure	Zimmer LMG 500 Power Meter

Tableau 1 : Matériel nécessaire



Figure 14 : Générateurs de fonctions et amplis 24 V

L'image ci-dessus montre les 2 générateurs de fonctions et les 2 amplificateurs nécessaires pour obtenir 2 signaux en Hz (SpeedMonitorToggleBit et vitesse de rotation), 24 V pic-pic.



Figure 15 : Rack 4 lights et 2 switches

L'image ci-dessus montre un rack comprenant 4 lights (simulations de 4 sorties digitales) et 2 switches (simulations de 2 entrées digitales).