

Filière Systèmes industriels

Orientation Power & Control

Diplôme 2015

Jérôme Guex



L'école de la Dranse

- *Professeur*
Gilbert Morand
- *Expert*
Didier Jacquemettaz
- *Date de la remise du rapport*
10.07.2015

Ce rapport est l'original remis par l'étudiant.
Il n'a pas été corrigé et peut donc contenir des inexactitudes ou des erreurs.

<input checked="" type="checkbox"/> FSI <input type="checkbox"/> FTV	Année académique / Studienjahr 2014/15	No TD / Nr. DA pc/2015/34
Mandant / Auftraggeber <input type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input checked="" type="checkbox"/> Etablissement partenaire DransEnergie SA (selon convention du 24 avril 2014)	Etudiant / Student Jérôme Guex Professeur / Dozent Gilbert Morand	Lieu d'exécution / Ausführungsort <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire Partnerinstitution
Travail confidentiel / vertrauliche Arbeit <input type="checkbox"/> oui / ja ¹ <input checked="" type="checkbox"/> non / nein	Expert / Experte (données complètes) Didier Jacquemettaz DransEnergie SA Route de l'Usine 9 1937 Orsières	

Titre / Titel <p style="text-align: center;">L'éole de la Dranse</p>
Description et Objectifs / Beschreibung und Ziele Dransenergie installe actuellement une éolienne d'une puissance de 2 kWp dans l'enceinte de son entreprise. L'objectif est de comprendre et de maîtriser les développements déjà réalisés par diverses sociétés afin d'être capable de réaliser une mise en service logicielle de cette éolienne. Le coffret abrite un système complet permettant la gestion de l'injection d'électricité produite par l'éolienne. Un bus CAN relie les différents éléments constituant le système. Il s'agit des composants suivants: <ul style="list-style-type: none"> > un automate programmable de type Wago > une carte électronique Drivetek, gérant l'injection > un PC windows CE > un module Com.tom qui traite du monitoring des données > ainsi que divers capteurs et éléments assurant la sécurité du système. Les livrables attendus sont : <ul style="list-style-type: none"> – un schéma de principe du système – une description des processus gérés et plus particulièrement celui d'injection – une documentation détaillée de chaque élément du coffret et des fonctionnalités du programme automate – un plan de tests (fonctionnement et sécurité) et sa réalisation – une aide à la maintenance du système. Si des améliorations sont identifiées, elles doivent être proposées à Dransenergie. Le matériel et les logiciels associés doivent être décrits techniquement et leurs coûts estimés.

Signature ou visa / Unterschrift oder Visum Responsable de l'orientation Leiter der Vertiefungsrichtung:  ¹ Etudiant / Student : 	Délais / Termine Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags: 11.05.2015 Remise du rapport / Abgabe des Schlussberichts: 10.07.2015, 12:00 Expositions / Ausstellungen der Diplomarbeiten: 26 – 28.08.2015 Défense orale / Mündliche Verfechtung: Semaine Woche 36
---	--

¹ Par sa signature, l'étudiant-e s'engage à respecter strictement la directive DI.1.2.02.07 liée au travail de diplôme.
Durch seine Unterschrift verpflichtet sich der/die Student/in, sich an die Richtlinie DI.1.2.02.07 der Diplomarbeit zu halten.



L'éole de la Dranse

Diplômant/e Jérôme Guex

Objectif du projet

Ce projet consiste à analyser les fonctionnalités d'un coffret gérant l'injection de l'énergie électrique produite par une éolienne sur le réseau, afin de réaliser une documentation détaillée de chaque élément, ainsi qu'une aide à la mise en service.

Méthodes | Expériences | Résultats

L'éolienne (puissance 2 kW) est composée d'une partie mécanique (socle et arbre), sur laquelle sont fixée une génératrice et un frein. L'énergie électrique produite par cette dernière transite par un coffret, dont les éléments vont gérer le système, et plus particulièrement celui d'injection.

L'étude du coffret électrique a permis de comprendre la gestion des 3 processus principaux :

- La gestion de la vitesse de rotation de l'éolienne, régulée grâce au Speed Monitor qui contrôle qu'une fréquence limite n'est pas dépassée,
- L'injection de l'énergie produite sur le réseau en monophasé, contrôlée grâce aux interactions entre le programme automate et le Speed Monitor, ce qui va permettre de gérer le frein de l'éolienne et le contacteur entre l'éolienne et le réseau,
- Le chauffage du coffret, géré par le programme automate, qui va s'activer si la température est trop basse.

Ces 3 processus ont été testés, d'abord indépendamment, puis intégrés dans le système complet.

Cette éolienne va être mise en service à Chandonne, afin de pouvoir analyser son comportement, avant d'être pourquoi pas utilisée par des cabanes isolées du réseau, ceci dans le but d'être totalement autonomes.

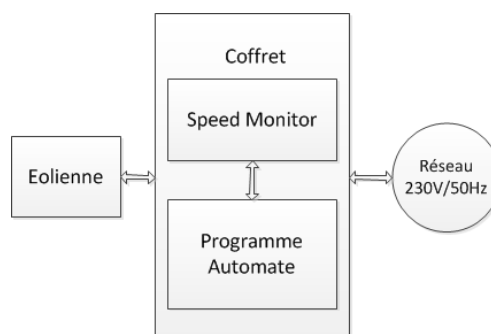
Travail de diplôme
| édition 2015 |

Filière
Systèmes industriels

Domaine d'application
Power and Control

Professeur responsable
Morand Gilbert-André
Gilbert.Morand@hevs.ch

Partenaire
Dransenergie SA



Installation globale, avec les éléments principaux du coffret (Speed Monitor et Programme Automate), qui gèrent la vitesse de rotation et l'injection.

1	Introduction	5
2	Cahier des charges	6
2.1	Points définis	6
2.2	Composition du rapport	6
3	Applications	7
4	Installation globale	8
4.1	Présentation de l'éolienne	8
4.2	Schéma de principe	9
4.3	Coffret électrique	11
4.3.1	Carte Electronique	11
4.3.2	Automate	12
4.3.2.1	Description générale	12
4.3.2.2	Programme	13
4.3.2.2.1	Heating	14
4.3.2.2.2	Message	15
4.3.2.2.3	Portal	15
4.3.2.2.4	PowerElectronic	15
4.3.2.2.5	Rotor	15
4.3.2.2.6	Sensor	16
4.3.2.2.7	SpeedMonitor	16
4.3.2.2.8	Windprofil	16
4.3.3	Speed Monitor	16
4.3.4	Frein	17
4.3.5	Réseau CANOpen	18
4.3.5.1	CANOpen	18
4.3.5.2	Com.tom	20
4.3.5.3	Convertisseur CANOpen – USB	20
4.3.6	Autres composants	22
4.3.6.1	Alimentation 24V	22
4.3.6.2	Fusibles	22
4.3.6.3	Chauffage	22
5	Tests fonctionnement	23
5.1	Matériel	23
5.2	Gestion Vitesse	27
5.2.1	Description tests	27
5.2.2	Plan de test	28
5.2.2.1	Fréquence de rotation (I1 et I2)	28
5.2.2.2	Fusibles (I5)	29
5.2.2.3	SpeedMonitorEnable (I6)	29
5.2.2.4	Alimentation	29
5.2.2.5	Erreur (X1)	30
5.3	Programme Automate	31
5.3.1	Description tests	31
5.3.2	Plan de test	32
5.3.2.1	SMErrors et SMResetStatus	32
5.3.2.2	Vitesse Vent	33
5.3.2.3	Vibrations	33
5.3.2.4	Fusibles	34
5.3.2.5	Températures	34
5.4	Injection production sur le réseau	35
5.4.1	Description tests	35
5.4.2	Plan de test	36
6	Aide à la maintenance du système	39

6.1	Mise en service des éléments	39
6.1.1	Com.tom	39
6.1.1.1	Connexion	39
6.1.1.2	Erreurs	42
6.1.2	Q-control	42
6.1.2.1	Connexion	42
6.1.2.2	Erreurs	43
6.1.3	Coupleur Wago	43
6.1.4	Speed Monitor	43
7	Conclusion	44
7.1	Perspectives d'avenir	44
7.2	Conclusion	44
7.3	Remerciements	45
8	Annexes	46

Figure 1 : Installation Eolienne.....	8
Figure 2 : Coffret électrique	9
Figure 3 : Schéma de principe	10
Figure 4 : Carte Electronique B2B Converter, 1534-B2B-52-2.0.0.....	11
Figure 5 : Flux de puissance carte électronique.....	12
Figure 6 : graphe d'état programme automate.....	13
Figure 7 : Speed Monitor	16
Figure 8 : Diagramme d'état du Speed Monitor.....	17
Figure 9 : Frein électromagnétique	18
Figure 10 : Réseau CANOpen	19
Figure 11 : Structure d'une trame CAN.....	19
Figure 12 : Logiciel Q-Control	21
Figure 13 : Sonde de température NI1000.....	23
Figure 14 : Générateurs de fonctions et amplis 24 V	25
Figure 15 : Rack 4 lights et 2 switches.....	26
Figure 16 : Tests du Speed Monitor.....	27
Figure 17 : Tests programme automate.....	31
Figure 18 : Test coffret	35
Figure 19 : Puissance de l'éolienne en fonction du vent	37
Figure 20 : com.tom-IP-Tool	40
Figure 21 : CHIPTOOL	41
Figure 22 : CoDeSys Paramètres de communication.....	41
Figure 23 : Q-Control : Communication settings	42

1 INTRODUCTION

Swiss Wind Energy (SWE), Dransenergie et la HES-SO ont signé une convention le 24 avril 2014, qui stipule que la HES-SO peut utiliser une éolienne 2 kW développée par SWE dans le cadre de la formation des étudiants et de la recherche appliquée. Dransenergie s'est proposé d'installer cette éolienne sur un de leurs bâtiments et de l'intégrer au réseau électrique existant.

L'éolienne à disposition est composée d'une partie mécanique, comportant le socle, les pâles et l'arbre, sur lequel est fixée la génératrice. L'énergie produite par cette génératrice va être conduite jusqu'au coffret électrique, avant que les différents éléments le composant déterminent si elle peut être injectée sur le réseau ou non.

Un travail de diplôme a été proposé, avec comme objectif de mettre cette éolienne en service. Le temps manquant, ce travail se portera plus sur la compréhension de l'installation existante et l'étude du coffret électrique, afin de réaliser un document utile pour faciliter la mise en service de cette éolienne.

2 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 ou 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.

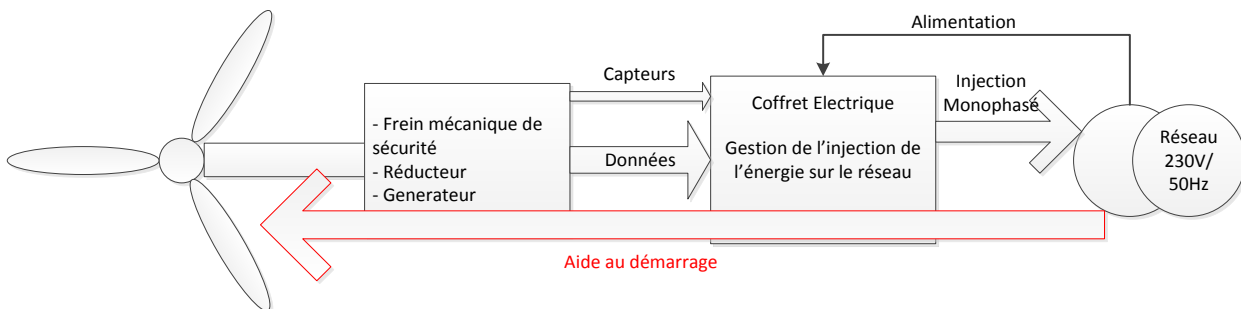


Figure 1 : Installation Eolienne

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 :

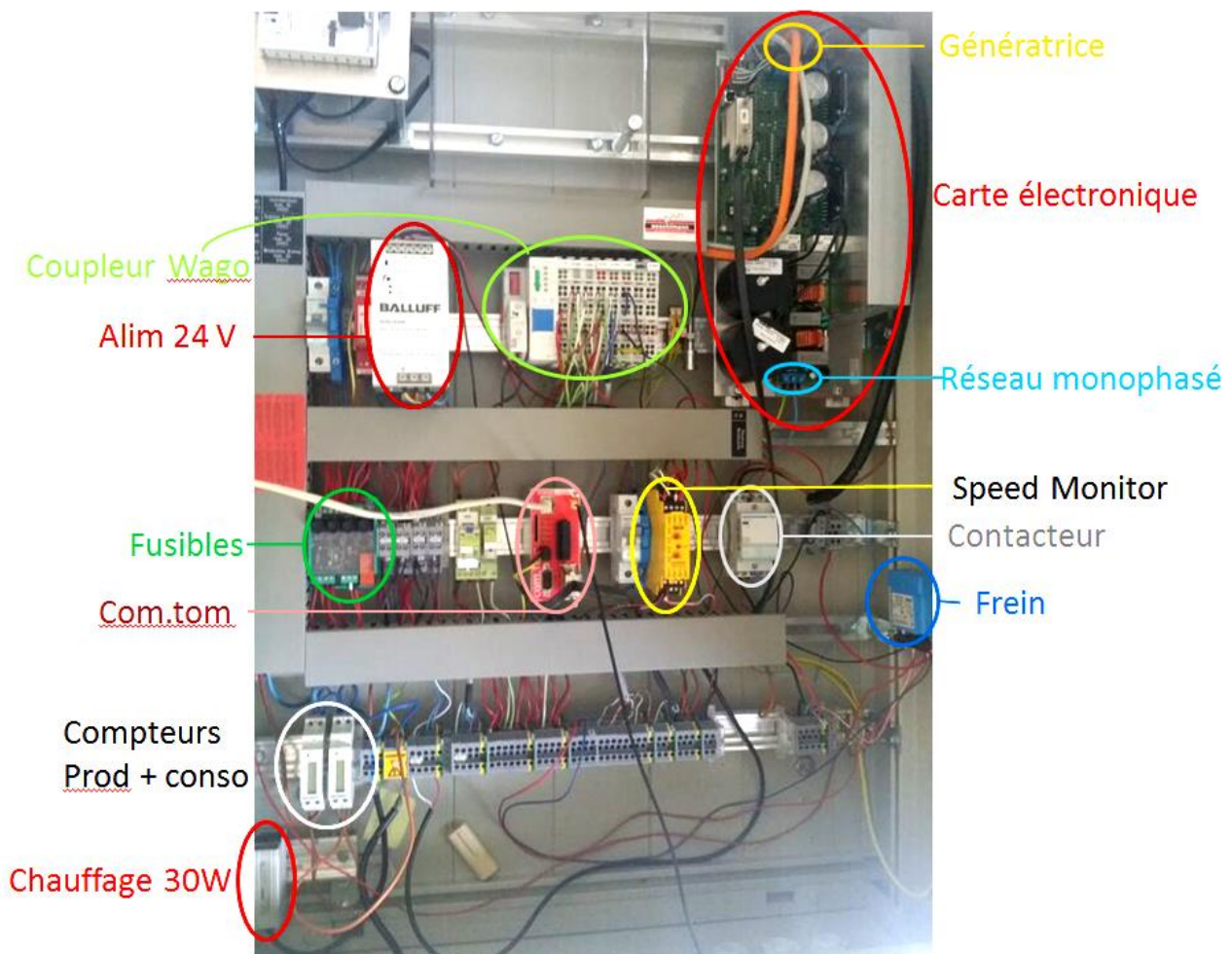


Figure 2 : Coffret électrique

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 :

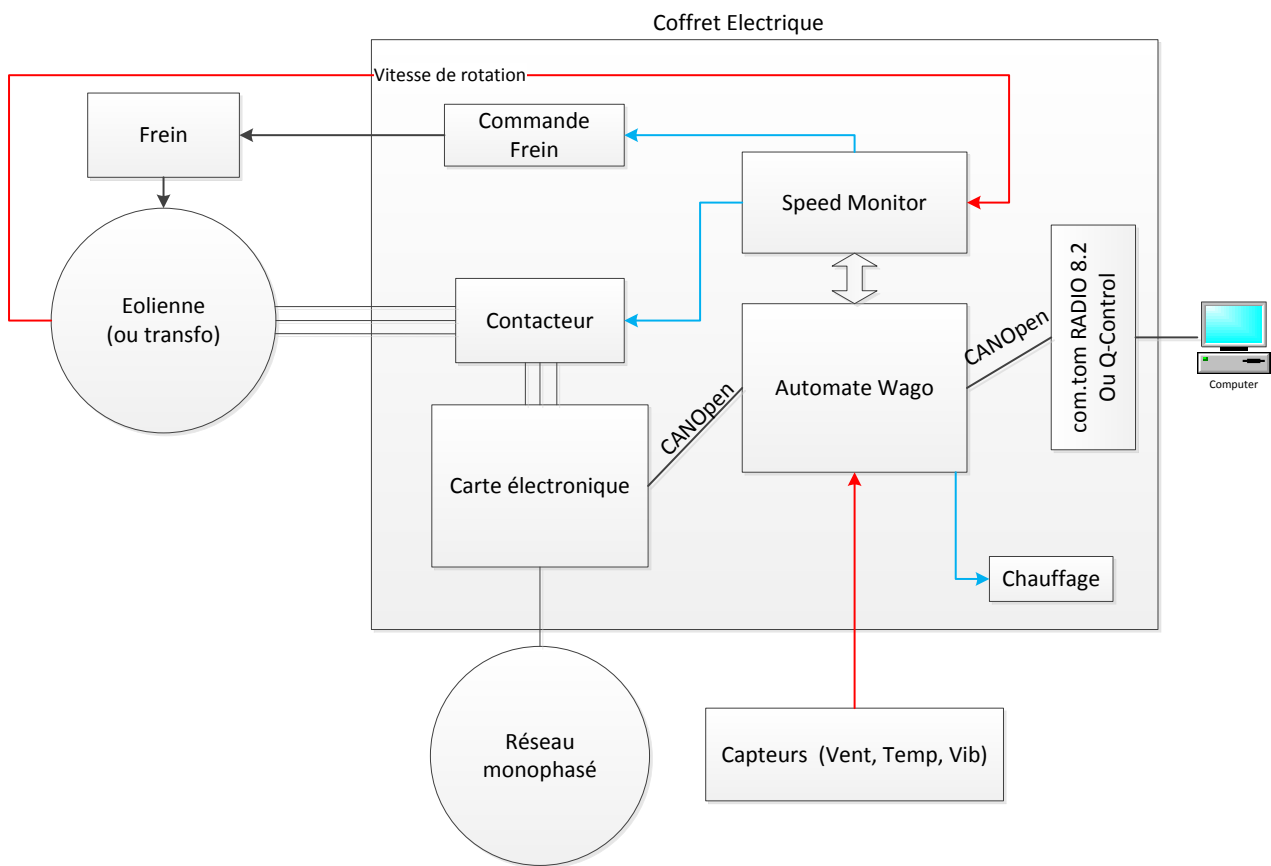


Figure 3 : Schéma de principe

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 :

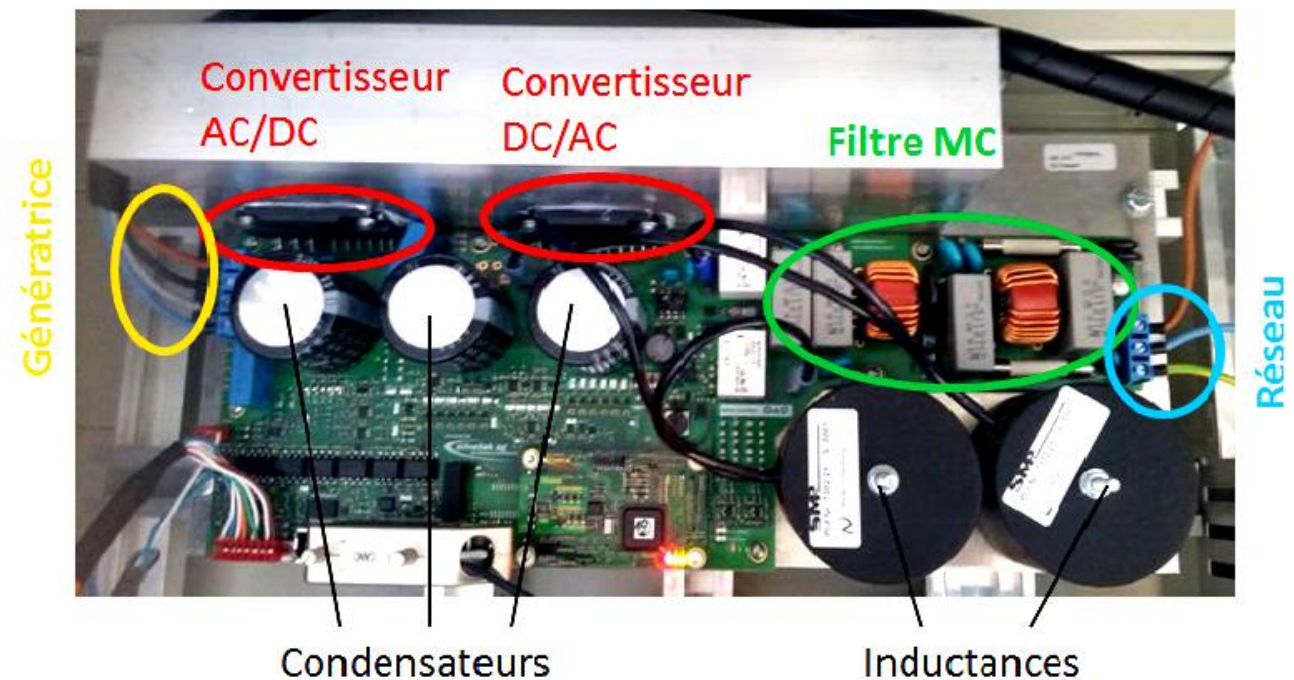


Figure 4 : Carte Electronique *B2B Converter, 1534-B2B-52-2.0.0*

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.

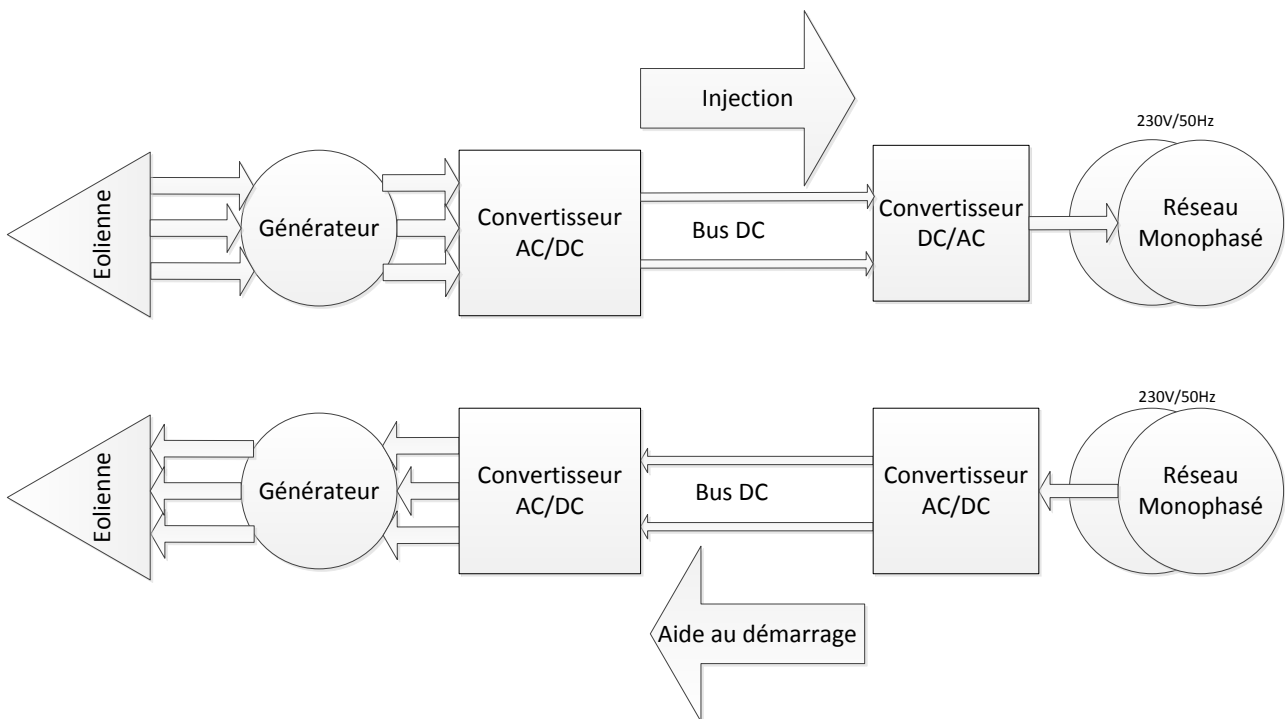


Figure 5 : Flux de puissance carte électronique

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 :

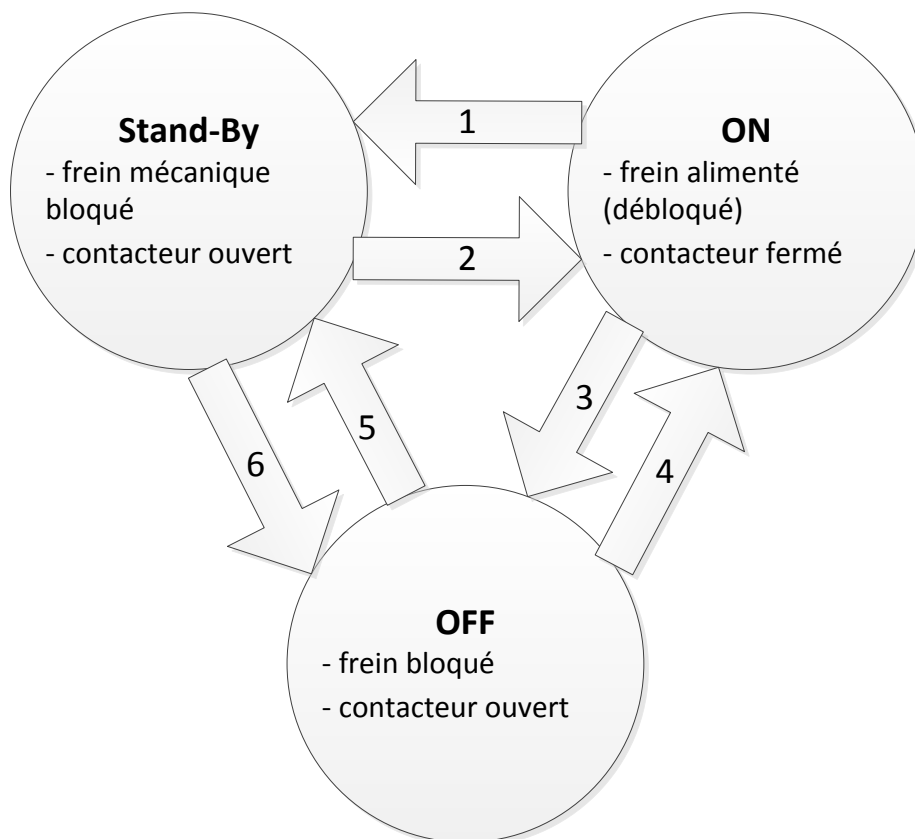


Figure 6 : graphe d'état programme automate

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).

.4.3.2.2.2 *Message*

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

.4.3.2.2.3 *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.

.4.3.2.2.4 *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.

.4.3.2.2.5 *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.

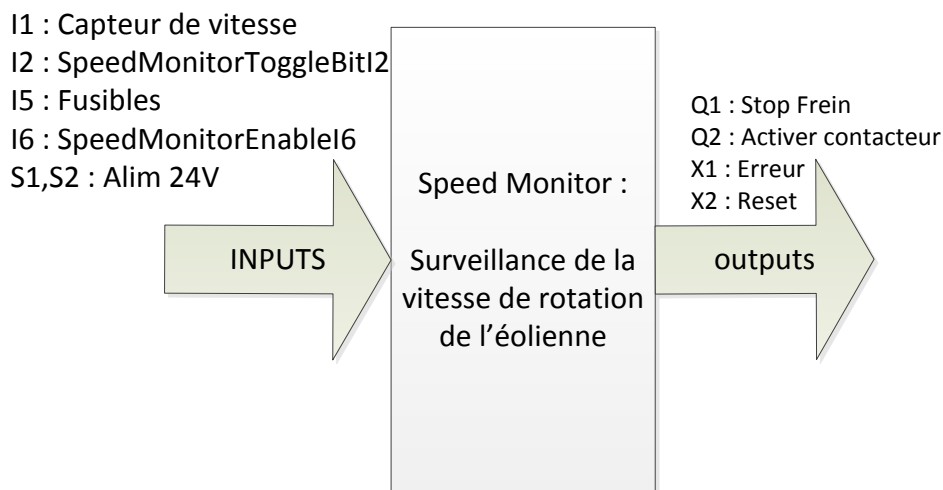


Figure 7 : Speed Monitor

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 :

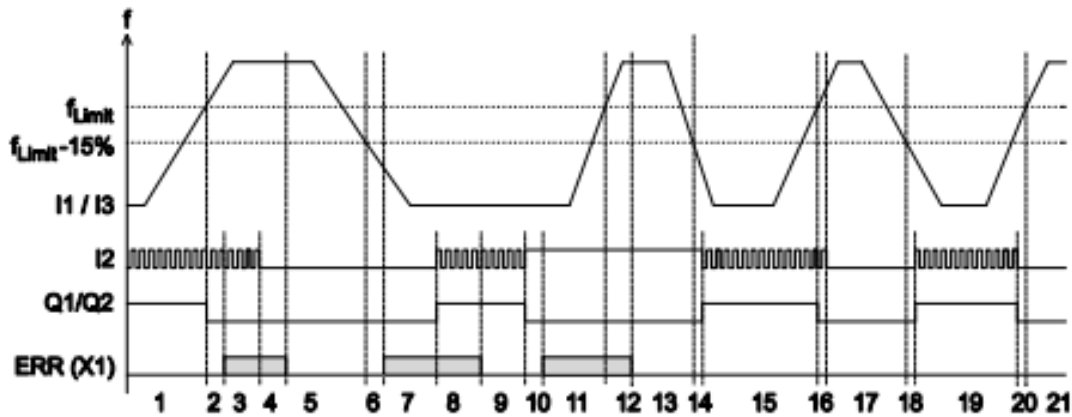


Figure 8 : Diagramme d'état du Speed Monitor⁴

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

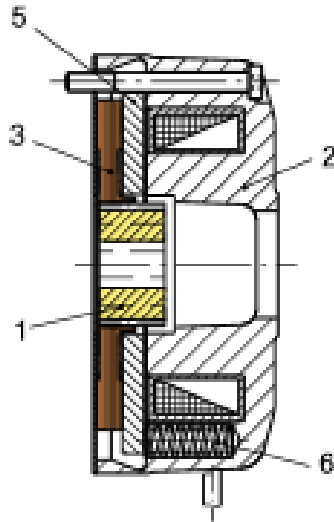


Figure 9 : Frein électromagnétique⁵

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

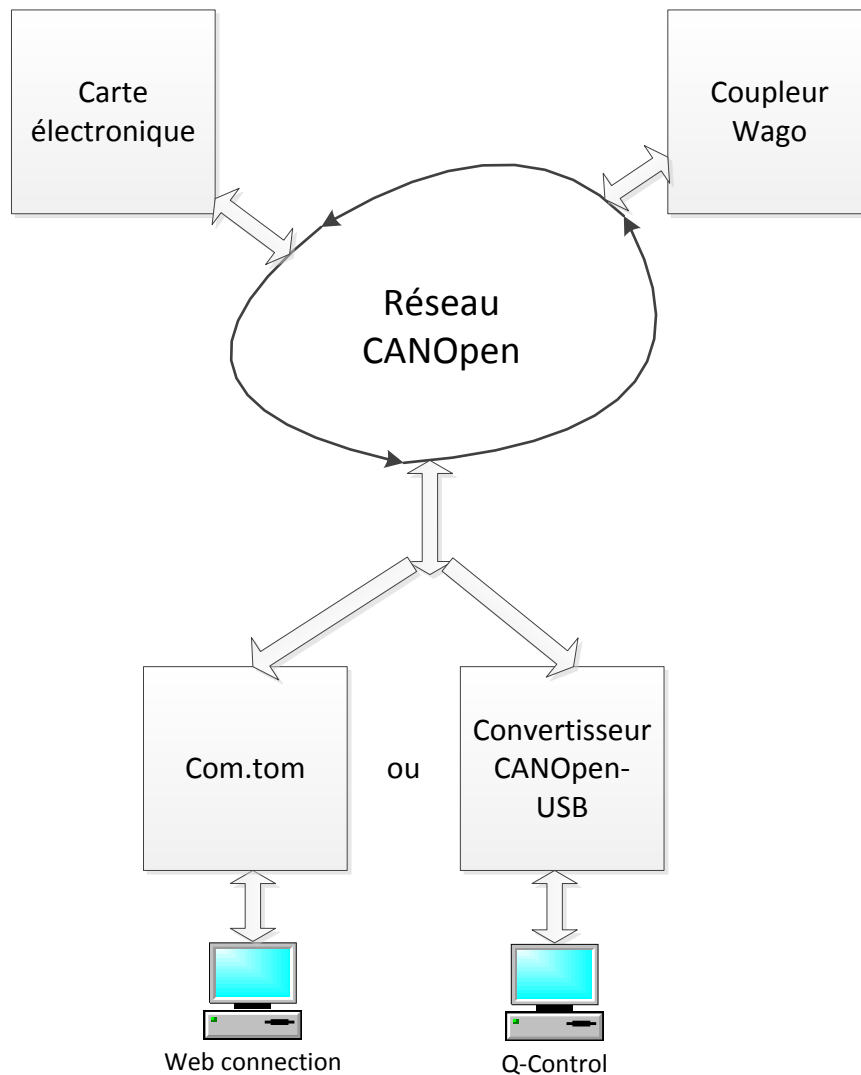


Figure 10 : Réseau CANOpen

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.

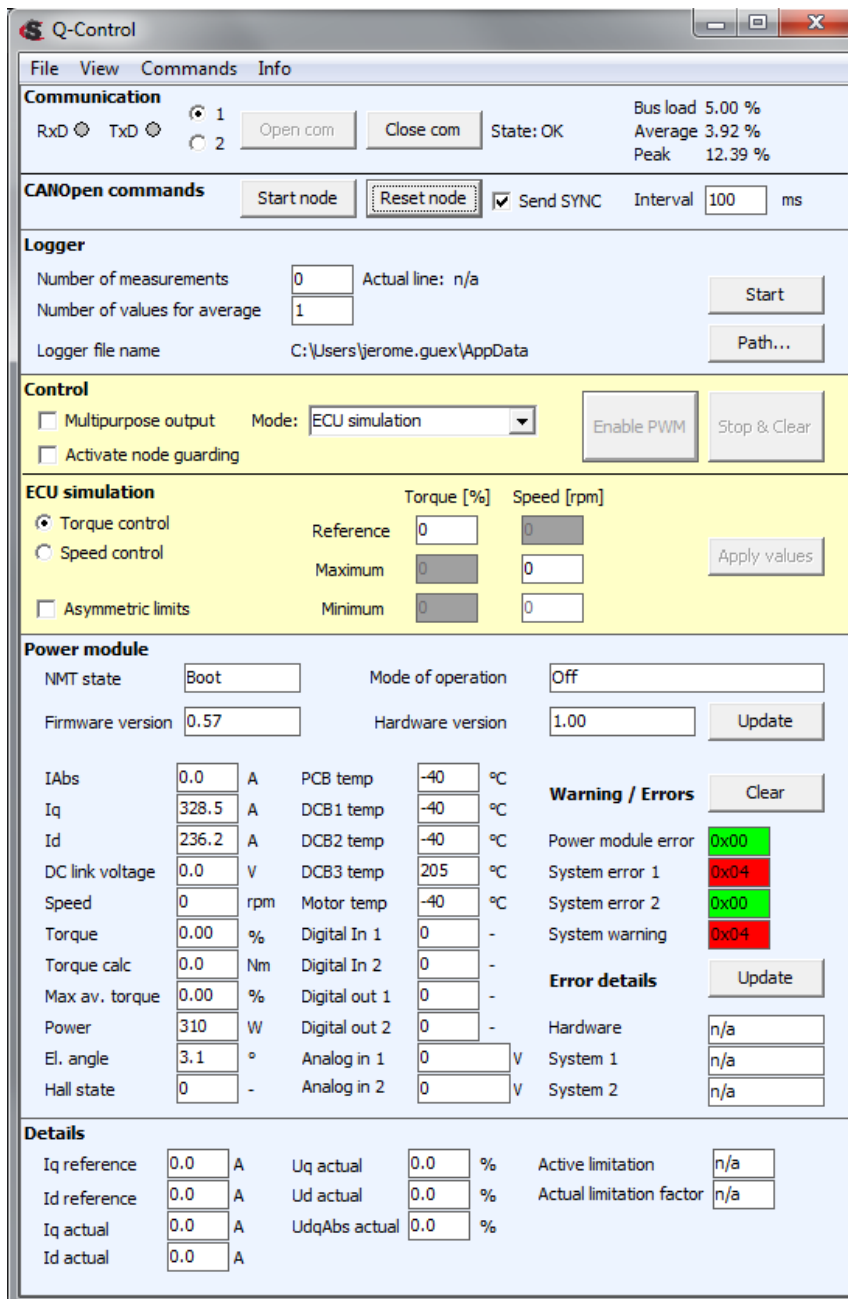


Figure 12 : Logiciel Q-Control

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, $0^\circ = 1000\Omega$, $22^\circ = 1100\Omega$:

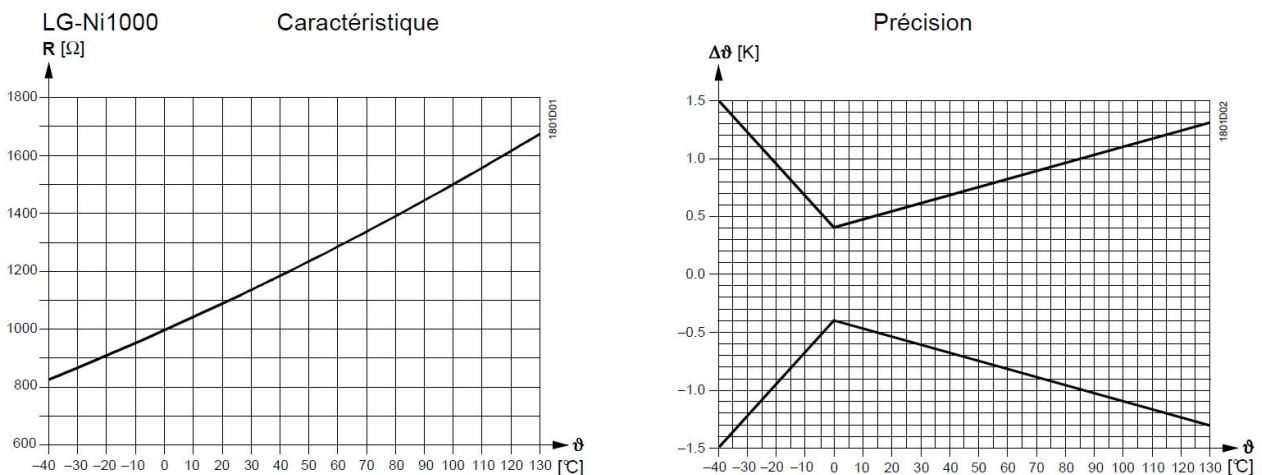


Figure 13 : Sonde de température NI1000

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 k Ω
	Température extérieure	entrée	résistance variable 1.5 k Ω
	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 k Ω
	Température extérieure	entrée	résistance variable 1.5 k Ω
	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).

5.2 Gestion Vitesse

Les premiers tests effectués servent à assurer le bon fonctionnement du Speed Monitor qui, rappelons-le, gère la vitesse de rotation de l'éolienne, afin que celle-ci ne s'emballe pas.

Le processus de gestion de la vitesse va d'abord être décrit, avant de s'intéresser en détails aux tests effectués et aux résultats de ceux-ci.

5.2.1 Description tests

Le Speed Monitor s'occupe de la gestion de la vitesse de rotation de l'éolienne. Ce processus est décrit dans la figure suivante.

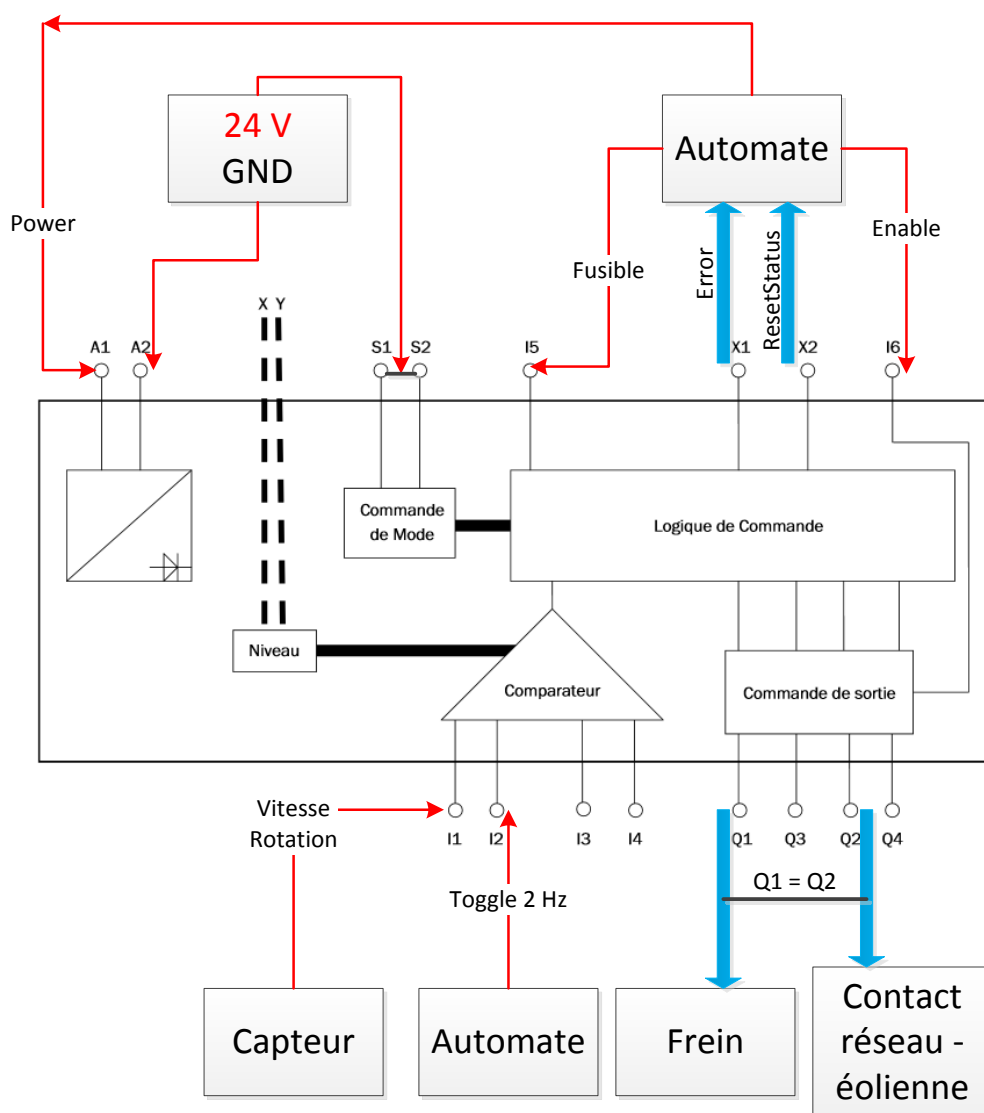


Figure 16 : Tests du Speed Monitor⁸

⁸ Annexe 2 : datasheet Speed Monitor, page 76

Dans cette première partie de tests, il faut s'assurer que la réaction des sorties (en bleu) est correcte par rapport aux états des entrées (en rouge). Le Speed Monitor va donc déterminer si le signal envoyé au frein et au contacteur doit être à 0 ou à 1, en fonction des signaux reçus de l'automate (Fusible, SMEnable, SMPower, SMToggle : signaux booléens) et par le capteur de vitesse de rotation de l'éolienne (signal en Hz).

5.2.2 Plan de test

Les bornes de ce Speed Monitor sont connectées selon le schéma ci-dessus. Le signal SpeedMonitorResetStatus a la signification suivante :

- 0 : I1 a franchi Flimit pas excès
- Alternance : Attente de réarmement
- 1 : I1 est en-dessous de Flimit

Le réarmement est le fait de mettre l'appareil hors puis sous tension.

Les tests vont s'effectuer en plusieurs étapes :

- Test de la vitesse de rotation (I1 et I2)
- Test des fusibles (I5)
- Test de SpeedMonitorEnable (I6)
- Test Alimentation
- Réaction en cas d'erreur (signal X1 à 1)

.5.2.2.1 Fréquence de rotation (I1 et I2)

Les signaux I1 et I2 sont simulés et les résultats obtenus doivent correspondre aux attentes.

Test I1 et I2 (f rotation)								
Etat	Entrées variables		Résultats attendus			Résultats obtenus		
	I1	I2	Q1 et Q2	X1	X2	Q1 et Q2	X1	X2
1	I1 < Flimit	I2 = statique	0	clignote 1 fois par cycle	1	0	clignote 1 fois par cycle	0
2	I1 < Flimit	I2 = 2 Hz	1	0	1	1	0	1
2.1	I1 < Flimit	I2 = statique	0	clignote 1 fois par cycle	1	0	clignote 1 fois par cycle	0
2.2	I1 > Flimit	I2 = 2 Hz	0	clignote 1 fois par cycle	0	0	clignote 1 fois par cycle	0
3	I1 > Flimit	I2 = statique	0	clignote 1 fois par cycle	0	0	clignote 1 fois par cycle	0
4	I1 < Flimit	I2 = statique	0	clignote 1 fois par cycle	1	0	clignote 1 fois par cycle	0
5	I1 < Flimit	I2 = 2 Hz	1	0	1	1	0	1

Tableau 2 : Tests Fréquence de rotation

Les résultats obtenus sont corrects, sauf pour X2 (SMResetStatus). Cependant, cette différence entre les résultats attendus et obtenus peut être négligée, car le signal X2 change d'état seulement lorsqu'il n'y a pas d'erreur en cours. Dans les 3 cas problématiques ci-dessus, le signal d'erreur X1 clignote, donc X2 ne peut pas changer d'état. Dès qu'il n'y a plus d'erreur, X2 s'actualise et envoie l'état attendu.

.5.2.2.2 Fusibles (I5)

Cette partie gère les cas où il y a un problème avec les fusibles ($I5 = 0$).

Test I5 (Fusible)	Etapes	Résultats
I5 = 0	Tant que $I1 < Flimit$, pas de différences.	ok
	Quand $I1 > Flimit$, $X1 = 1$	ok
	Quand I1 repasse en dessous de Flimit, X1 clignote 3 fois par cycle et X2 alterne ==> attente de réarmement	ok

Tableau 3 : Tests Fusibles

Ce réarmement va s'effectuer de la manière suivante :

1. L'automate reçoit SpeedMonitorError = 1
2. Il envoie SpeedMonitorPower = 0
3. Il reçoit donc SpeedMonitorError = 0 (car l'appareil n'est plus sous tension)
4. Il envoie SpeedMonitorPower = 1
 1. Le défaut n'a pas été corrigé : SpeedMonitorError = 1, le cycle reprend au point 2
 2. Le défaut a été corrigé, le programme reprend son fonctionnement normal ($I5 = 1$, SMError = 0, SMPower = 1)

.5.2.2.3 SpeedMonitorEnable (I6)

Cette partie gère le cas où SpeedMonitorEnableI6 = 0.

Test I6 (SMEnable)	Etapes	Résultats
I6 = 0	Q1 et Q2 passent à l'état 0	ok

Tableau 4 : Tests SMEnable

Dans tous les cas de figure, les sorties Q1 et Q2 = 0 si SpeedMonitorEnableI6 = 0.

.5.2.2.4 Alimentation

Cette partie gère le cas où l'alimentation S1 et/ou S2 seraient coupées.

Test Alimentation	Etapes	Résultats
S1 et/ou S2 coupés	Q1 et Q2 passent à l'état 0, X1 clignote 12 fois par cycle	ok

Tableau 5 : Tests Alimentation

Dans ces cas de figure, les sorties Q1 et Q2 = 0.

.5.2.2.5 Erreur (X1)

Cette partie explique la signification de la sortie X1 (SpeedMonitorError), et le comportement à avoir pour régler cette erreur.

Test en cas d'erreur (X1)	Etapes	Résultats
clignote 1 fois par cycle	cf. tests I1 et I2 : réagit à un changement d'état	ok
X1 clignote 3 fois par cycle	cf. test I5 : attente de réarmement : changement du fusible défectueux	ok
X1 clignote 12 fois par cycle	cf. test Alim : appareil hors puis sous tension après réglage du défaut	ok

Tableau 6 : Comportement en cas d'erreur

Il y a donc différents degrés d'erreurs, et différents moyens de les régler. Ces tests permettent donc d'assurer le bon fonctionnement du Speed Monitor, et de pouvoir passer aux tests du programme automate.

5.3 Programme Automate

La deuxième partie du protocole de tests sert à assurer le bon fonctionnement du programme automate. Les tests vont donc se concentrer sur le coupleur Wago pour assurer son bon fonctionnement.

Les fonctionnalités du programme automate vont d'abord être décrites, avant de s'intéresser en détails aux tests nécessaires. Ces tests présentés n'ont cependant pas pu être réalisés, pour cause d'un manque de temps dû à l'envoi du com.tom en réparation, comme expliqué dans le point 7.1. *Perspectives d'avenir*. Les résultats de ces tests seront transmis dès que possible.

5.3.1 Description tests

Le schéma suivant montre que le programme automate reçoit différents types de signaux (températures, vitesse du vent, vibrations, fusibles, SMError, SMResetStatus : en rouge) et détermine 4 signaux booléens (en bleu) : Heating, Toggle, SMEnable et SMPower.

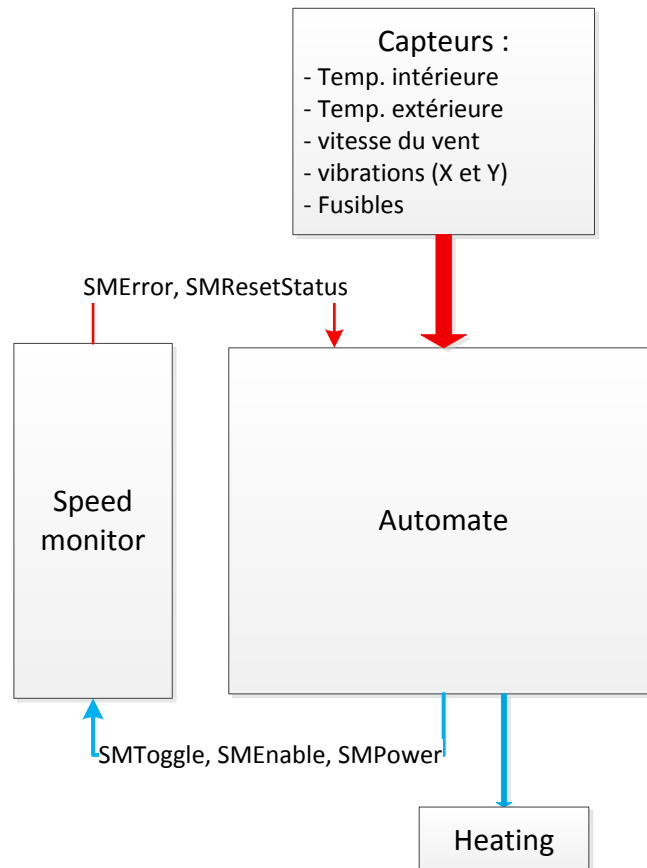


Figure 17 : Tests programme automate

5.3.2 Plan de test

Les tests vont s'effectuer en plusieurs étapes :

- Test de SMError et SMResetStatus
- Test de la vitesse du vent
- Test des vibrations
- Test des fusibles
- Test Températures

.5.3.2.1 SMError et SMResetStatus

Tests SMError et SMResetStatus			
entrées		sorties	
SMError	SMResetStatus	SMEEnable	SMPower
0	0	0	1
0	alternance	pas possible	
0	1	1	1
1	0	0	1
1	alternance	0	0
1	1	pas possible	

Tableau 7 : Tests SMError et SMResetStatus

Lorsque SMError clignote (soit 1 fois, soit 3 fois par cycle), ce signal est considéré comme étant à l'état 1.

Si l'on se réfère aux tests effectués dans le point 4.2.2.1. *Fréquence de rotation (I1 et I2)*, les combinaisons SMError = 0 et SMResetStatus = alternance, ainsi que SMError = 1 et SMResetStatus = 1 ne sont pas possibles.

.5.3.2.2

Vitesse Vent

Tests Vitesse Vent		
Conditions limites	m/s	V
Condition On Min	4	0.793
Condition On Max	14	3.35
Condition Off Min	3.8	0.742
Condition Off Max	15	3.61
entrée	sortie	
Vitesse Vent en m/s	SMToggle	
0	0	
4	2 Hz	
3.9	2 Hz	
3.7	0	
4	2 Hz	
14	2 Hz	
15	0	
14.5	0	
14	2 Hz	

Tableau 8 : Tests Vitesse Vent

Il y a donc une petite hystérèse aux limites supérieure et inférieure, pour pas que les changements d'états soient trop important dans les cas où le vent stagne autour des conditions limites.

.5.3.2.3

Vibrations

Tests Vibrations X et Y	
entrée	sortie
Vibrations (X ou Y)	SMEEnable
2.5	1
1.5	0
2	1
1	0
1.5	1
2.5	1

Tableau 9 : Tests Vibrations

Les tests sont les mêmes pour les vibrations en X ou en Y. SMEEnable réagit donc à un dépassement des vibrations limites en X ou en Y (limite : 1.5 V).

.5.3.2.4 Fusibles

Tests Fusible
Si Fusible = 0, SMEnable = 0 dans tous les cas, ce qui va arrêter la rotation de l'éolienne

Tableau 10 : Tests Fusibles

.5.3.2.5 Températures

Tests températures		
température (°C)	résistance (Ohm)	
-25	892.5	
50	1260	
entrée	sorties	
Temp. intérieure	SMPower	Heating
temp < -25°	0	1
-25° < temp < 50°	1	0
temp > 50°	0	0
Temp. extérieure	SMPower	
temp < -25°	0	
-25° < temp < 50°	1	
temp > 50°	0	

Tableau 11 : Tests températures

Les sondes de températures NI1000 sont simulées avec une résistance : chaque température correspond à une valeur de résistance.

5.4 Injection production sur le réseau

La troisième et dernière partie des tests effectués va permettre de tester l'installation dans son ensemble, donc l'injection de l'énergie produite par l'éolienne sur le réseau. Comme le Speed Monitor et l'automate ont été testés séparément et fonctionnent, les signaux qui interagissent entre ces deux éléments ne sont pas simulés. Les câbles d'origine sont donc reconnectés.

Les tests présentés n'ont cependant pas pu être réalisés, pour cause d'un manque de temps dû à l'envoi du com.tom en réparation, comme expliqué dans le point 7.1. *Perspectives d'avenir*. Les résultats de ces tests seront transmis dès que possible.

5.4.1 Description tests

L'installation reçoit différents types de signaux (températures, vitesse du vent, vibrations, fusibles, vitesse rotation) et détermine 2 signaux booléens : Heating et Frein/contacteur.

Le schéma suivant indique les entrées à simuler (en rouge) et les sorties à observer (en bleu).

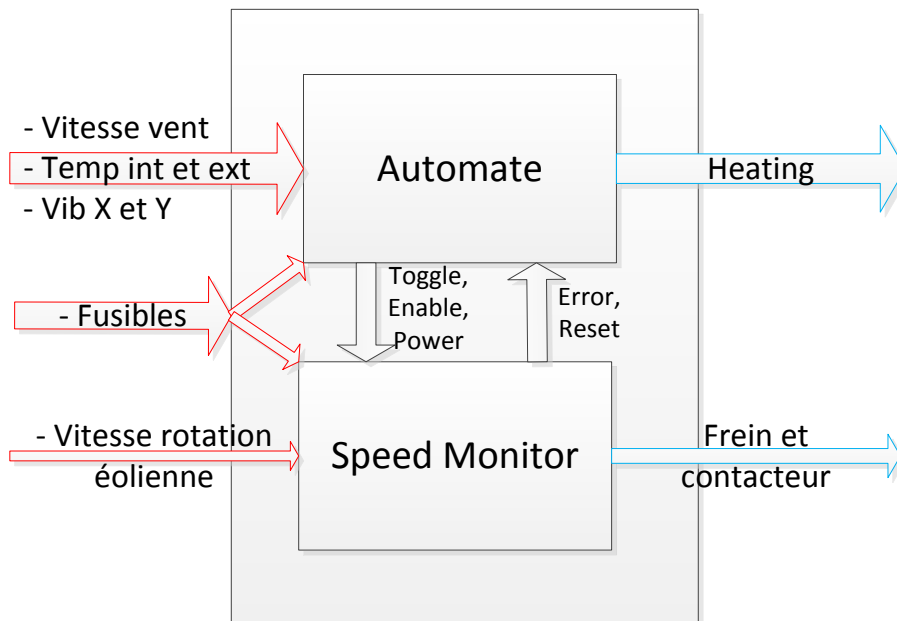


Figure 18 : Test coffret

5.4.2 Plan de test

Dans le tableau suivant, Q = Q1 et Q2.

Tests sortie Q			
entrée			sortie
Conditions pour Q = 1	min	max	Q1 et Q2
vent	0.793V / 4 m/s	3.35V / 14m/s	1
temp int	-25°	50°	1
temp ext	-25°	50°	1
vibrations	1.5V	2.5V	1
fusible	1		1
vitesse rotation	0 Hz	16 Hz	1
Conditions pour Q = 0	min	max	Q1 et Q2
vent	vent < 0.742V (3.8 m/s)	vent > 3.61V (15 m/s)	0
temp int	temp < -25°	temp > 50°	0
temp ext	temp < -25°	temp > 50°	0
vibrations	vib < 1.5V		0
fusible	0		0
vitesse rotation	> 16 Hz		0
Tests chauffage			
entrée		sortie	
Temp. intérieure		Heating	
< -25°		1	
> -25°		0	

Tableau 12 : Tests Fonctionnement Coffret

Ces tests servent à valider le bon fonctionnement du coffret dans son ensemble (Speed Monitor + programme automate), afin d'assurer que l'injection de l'énergie produite sur le réseau soit correcte et que le chauffage du coffret fonctionne.

Les derniers tests à effectuer sont ceux quantifiant la puissance injectée sur le réseau en fonction de la vitesse du vent.

La puissance produite en fonction de la vitesse du vent pour cette éolienne a été fournie par le fabricant, à savoir Swiss Wind Energy.

1 m/s	0	kW 11 m/s	1.2	kW 21 m/s	0	kW
2 m/s	0	kW 12 m/s	1.4	kW 22 m/s	0	kW
3 m/s	0	kW 13 m/s	1.6	kW 23 m/s	0	kW
4 m/s	0	kW 14 m/s	1.8	kW 24 m/s	0	kW
5 m/s	0	kW 15 m/s	2	kW 25 m/s	0	kW
6 m/s	0.1	kW 16 m/s	2	kW 26 m/s	0	kW
7 m/s	0.2	kW 17 m/s	0	kW 27 m/s	0	kW
8 m/s	0.4	kW 18 m/s	0	kW 28 m/s	0	kW
9 m/s	0.5	kW 19 m/s	0	kW 29 m/s	0	kW
10 m/s	0.8	kW 20 m/s	0	kW 30 m/s	0	kW

Figure 19 : Puissance de l'éolienne en fonction du vent

Il s'agit donc maintenant de confirmer ces chiffres par des mesures. Pour ce faire, l'éolienne est simulée par un transformateur variable 11kVA, 230V, 50...60 Hz.



Figure 20 : Transformateur variable 11kVA, 230V, 50...60 Hz

Les tests d'injection d'énergie sur le réseau sont les suivants :

Tests injection	
entrée	sortie
vitesse vent (m/s)	production éolienne (kW)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0.1
7	0.2
8	0.4
9	0.5
10	0.8
11	1.2
12	1.4
13	1.6
14	1.8
15	2
16	2
17	0

Tableau 13 : Production éolienne en fonction du vent

6 AIDE A LA MAINTENANCE DU SYSTEME

6.1 Mise en service des éléments

Tous les éléments présents dans le coffret électrique doivent être mis en service séparément, afin de pouvoir être connecté les uns aux autres sans problèmes.

Une fois cette connexion globale effectuée, la mise en service de l'éolienne sera grandement facilitée, car tous les éléments seront déjà fonctionnels chacun de leurs côtés.

La mise en service des éléments suivants est détaillée :

- Com.tom
- Logiciel Q-Control
- Coupleur Wago
- Speed Monitor

6.1.1 Com.tom

La première étape consiste à décrire la procédure nécessaire pour connecter le com.tom à un ordinateur, afin de pouvoir envoyer un programme CoDeSys à l'automate présent dans ce module.

La deuxième étape a pour but de décrire les différentes erreurs probables, ainsi que d'expliquer les solutions à celles-ci.

.6.1.1.1 Connexion

La connexion entre le com.tom et l'ordinateur doit être faite grâce à un câble Ethernet. Ensuite, il faut configurer l'adresse IP du com.tom afin de pouvoir lui envoyer des données. Pour ce faire, il faut télécharger le programme *com.tom-IP-Tool*⁹, qui peut configurer l'adresse IP d'un module détecté. Dans ce cas, le com.tom sera configuré à l'adresse 192.168.2.100, comme vu dans l'illustration suivante.

⁹ Peut être téléchargé sur www.com-tom.de/downloads.php



Figure 21 : com.tom-IP-Tool

La configuration s'achève quand *Configuring...* devient *Configuration Completed*.

Afin d'être sur le même réseau que le com.tom, l'adresse IP de l'ordinateur doit également être configurée, sous *Panneau de configuration* → *Réseau et Internet* → *Centre Réseau et partage* → *Connexion au réseau local* → *Propriétés* → *Protocole Internet version 4 (TCP/IPv4)* → *Adresse IP* : 192.168.2.xxx ; *Masque de sous-réseau* : 255.255.255.0.

Le logiciel @CHIPTOOL¹⁰ indique en tout temps s'il y a des modules détecté, ainsi que leur adresse IP actuelle.

¹⁰ Peut être téléchargé sur beck-chiptool.software.informer.com

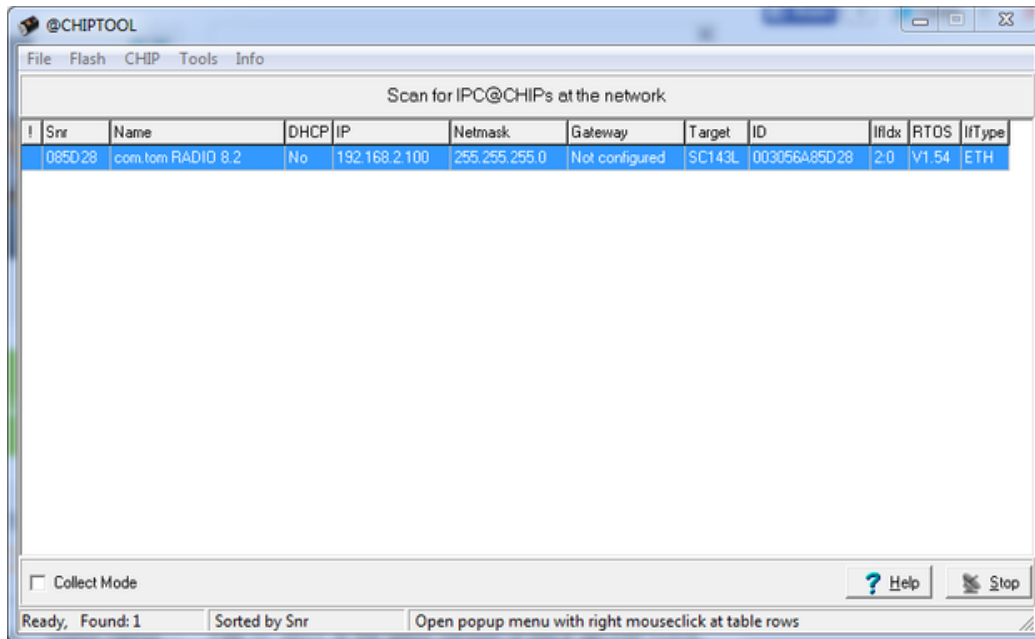


Figure 22 : CHIPTOOL

Il faut maintenant connecter CoDeSys au com.tom, afin de pouvoir envoyer le programme à l'automate. Il faut donc ouvrir le programme dans CoDeSys, et aller dans le menu *En Ligne* → *Paramètres de communication...*

Puis il faut créer un nouveau dossier *Tcp/Ip (Level 2 Route)*, dans lequel il faut configurer l'adresse IP de la cible (192.168.2.100), ainsi que le numéro du port utilisé (1200) :

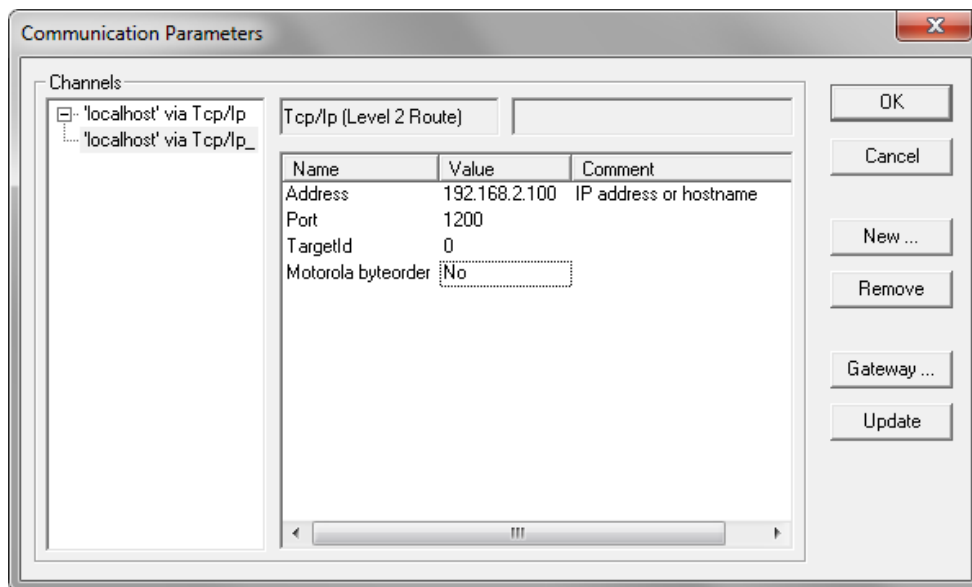


Figure 23 : CoDeSys Paramètres de communication

Il faut maintenant charger le programme dans l'automate, en allant dans le menu *En Ligne* → *Accéder au système*.

Le programme ouvert est maintenant chargé dans l'automate présent dans le com.tom.

.6.1.1.2 Erreurs

Différentes erreurs peuvent avoir lieu lors de la configuration du com.tom. Si le logiciel *com.tom-IP-Tool* ne détecte pas le module présent dans l'installation, il faut vérifier que la LED *Power* soit allumée sur le com.tom, et que la liaison Ethernet soit correctement branchée. Si le logiciel ne détecte toujours pas l'élément, c'est qu'il y a probablement un problème sur la mémoire Flash du com.tom. Le service technique de l'entreprise beck IPC GmbH pourra être utile pour régler cette erreur.

Il peut également y avoir un problème de communication entre CoDeSys et le com.tom. Dans ce cas, il faut contrôler que les paramètres de communication sur CoDeSys soient bien réglés. Si le logiciel @CHIPTOOL indique que le com.tom est bien détecté, et à la bonne adresse IP, et que les paramètres de communication sont correctes, c'est probablement un problème avec la mémoire Flash de l'appareil, qui peut également être réglé grâce au service technique de beck GmbH.

6.1.2 Q-control

La première étape consiste à décrire la procédure nécessaire pour connecter le logiciel Q-Control au réseau CANOpen de l'installation.

La deuxième étape a pour but de décrire les différentes erreurs probables, ainsi que d'expliquer les solutions à celles-ci.

.6.1.2.1 Connexion

Il faut utiliser le convertisseur CAN-USB afin de connecter le réseau CANOpen au logiciel Q-Control, ceci pour l'utiliser à bon escient. Du côté USB, une simple prise USB est connectée à l'ordinateur. Du côté CAN, un câble RS232 connecte le convertisseur au réseau CANOpen, à place du com.tom RADIO 8.2. Le logiciel Q-Control et le com.tom ne peuvent ainsi pas être connectés en même temps.

Après avoir mis sous tension le coffret, le logiciel Q-Control peut être démarré. Il faut maintenant régler les paramètres de communication, sous *View* → *Communication settings*, où il faut fixer le baudrate à 250 kBit/s, comme sur le coupleur Wago :

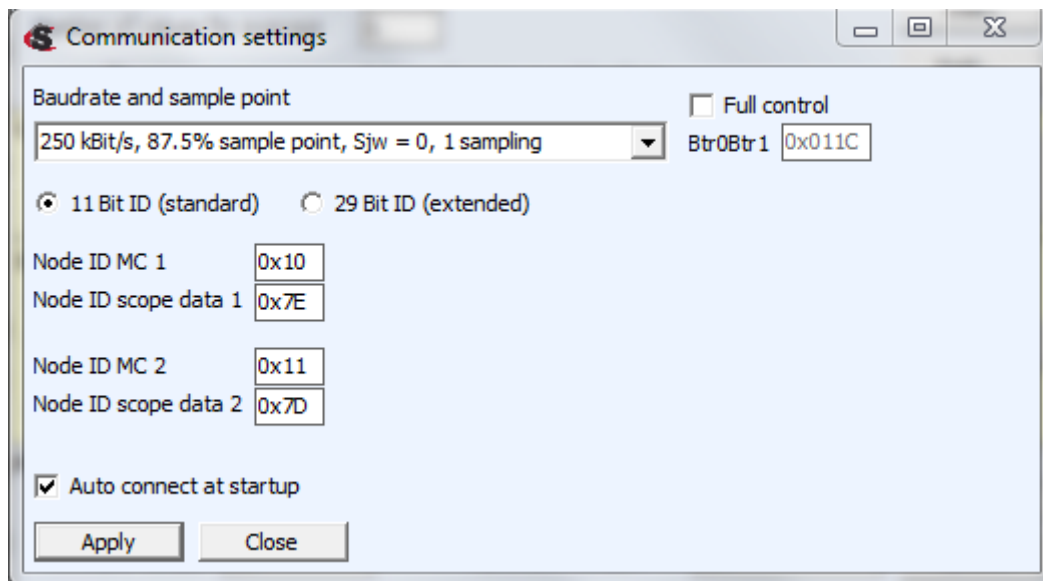


Figure 24 : Q-Control : Communication settings

Sous l'onglet *CANOpen commands*, il faut cocher la case *Send SYNC* et appuyer sur *start node*. Le coupleur Wago peut également être enclenché dans le menu *View* → *CAN logger*. Pour démarrer l'exécution du programme, il faut cocher *Start node* et appuyer sur *Send NMT*. L'exécution du programme peut être stoppée de la même manière.

.6.1.2.2 Erreurs

Différentes erreurs peuvent avoir lieu lors du démarrage et de l'exécution de Q-Control. Dans la partie Communication, *State : Ok* doit être inscrit. Si ce n'est pas le cas et que *State : Error : BUSHEAVY*, il y a un problème. Cela peut être soit le convertisseur qui est mal connecté, soit le coffret qui est hors tension.

Il peut également des erreurs dans la partie *Warning / Errors*. Si *System error 1* affiche l'erreur 0x04 (Motot over température) et que *System warning* affiche l'erreur 0x04 (Reference or limit values were adjusted), c'est probablement qu'il y a un problème avec les capteurs qui connectent le moteur à la carte électronique. Si ceux-ci ne sont pas connectés, les erreurs décrites apparaissent. Pour voir le détail du type d'erreur (0x01 ; 0x02 ; 0x04 ; ...), il suffit de double cliquer sur l'erreur.

6.1.3 Coupleur Wago

Le coupleur Wago doit être connecté au réseau CANOpen, afin de pouvoir recevoir les instructions (start, stop), envoyées soit par le com.tom, soit par Q-Control.

Les erreurs concernant les différents capteurs peuvent être détectées directement sur les différents modules connectés sur ce coupleur. En effet, différentes LEDs sont prévues à cet effet, et leurs fonctions peuvent être consultées sur les datasheets des différents modules (annexe 1).

La barre de switches présents sur ce coupleur doit être réglée de la manière suivante :

1	2	3	4	5	6	7	8
ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Tableau 14 : barre de switches coupleur Wago

Cette disposition permet de régler le Baudrate du réseau CANOpen, qui est de 250 kBit/s.

6.1.4 Speed Monitor

La fréquence de rotation limite de l'éolienne doit être définie à 16 Herz (ce qui correspond à 320 U/min) par les 2 potentiomètres du Speed Monitor (X = 1, Y = 6 → Flimit = 16 Hz). Si un changement de cette fréquence limite doit être effectué, il faut impérativement mettre l'appareil hors tension avant de changer l'état des potentiomètres, sinon la LED ERR clignote, et le Speed Monitor ne remplit plus sa fonction.

Il est également important de bien contrôler si le câblage de l'appareil a été correctement effectué, car il peut être la cause d'erreurs. En effet, il détermine le mode d'opération du Speed Monitor, comme déterminé en annexe 2. Pour cette installation, le mode de fonctionnement est le mode C-2.

7 CONCLUSION

7.1 Perspectives d'avenir

Comme mentionné dans le rapport, certains tests n'ont pas pu être réalisés, pour cause de manque de temps. J'ai en effet dû envoyer le com.tom RADIO 8.2 au fabricant, l'entreprise beck IPC GmbH, car celui-ci comportait un problème, probablement sur la mémoire Flash. Le programme n'a ainsi pas encore pu être envoyé à l'automate présent dans ce com.tom. Ceci a pour conséquence que les tests du programme automate (point 5.3. *Programme Automate*) n'ont pas pu être effectués. Idem pour les tests de l'injection de l'énergie produite sur le réseau (point 5.4. *Injection production sur le réseau*). Les plans de tests ont ainsi été développés, et il suffira de les remplir lorsque ce com.tom sera renvoyé réparé par l'entreprise.

Les résultats de ces tests seront transmis dans les plus brefs délais à Gilbert Morand, sous forme d'un addendum à ce travail.

De plus, la documentation envoyée par Swiss Wind Energy nécessite une mise à jour. En effet, ce projet ayant été développé par plusieurs personnes qui l'ont changé en cours de route (par exemple en remplaçant le PC Windows CE par le com.tom, ou en supprimant les résistances de décharge), certaines informations transmises ne sont plus d'actualité. Ce phénomène a eu pour effet d'ajouter des difficultés à l'étude de ce coffret, donc d'en allonger le temps de manière significative.

Afin de pouvoir déterminer le nombre d'heures de fonctionnement de cette éolienne, une analyse peut être effectuée. Elle n'a pas été faite dans ce travail, car les données consultables concernant le vent soufflant à un endroit précis sur une année ne sont pas assez précises. En effet, seules des données concernant le vent soufflant à Liddes à 10 mètres du sol ont pu être consultées. Cependant, le projet prévoit de mettre cette éolienne à Chandonne, lieu qui n'est pas très éloigné de Liddes, mais assez pour avoir des données différentes. De plus, cette éolienne n'étant pas à 10 mètres du sol, mais plutôt à 5 mètres environ, cela rajouterait une erreur à ces calculs. Il faudrait donc recevoir des données plus précises pour réaliser ces calculs.

7.2 Conclusion

Ce travail de diplôme a permis de réaliser les différents points définis dans le cahier des charges, à savoir :

- 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
- Plans de tests
- Aide à la maintenance du système

Un bémol est cependant à mettre sur le point concernant les plans de tests, car tous n'ont pas pu être réalisés à la date de remise de rapport. Cependant, les résultats pourront être consultés dans l'addendum envoyé dans les délais les plus brefs.

L'étude du coffret, de ses composants et de ses fonctionnalités, ainsi que les tests effectués est donc la première étape d'une mise en service concrète de cette éolienne, effectuée par Dransenergie.

7.3 Remerciements

Lors de mon travail de diplôme, j'ai reçu une aide précieuse de plusieurs personnes. J'aimerais remercier les personnes suivantes :

- Gilbert Morand, pour son suivi et ses conseils
- Didier Jacquemettaz (Dransenergie), pour ses explications concernant les applications futures envisagées et pour sa disponibilité
- Philippe Barrade et Didier Blatter, pour leur aide concernant le fonctionnement de la carte électronique
- Martin Bauer (ex- Swiss Wind Energy), pour son aide apportée pour la compréhension de l'installation existante, ainsi que pour la transmission de documentation importante
- Christopher Weiss (beck IPC GmbH support), pour son aide apportée par téléphone concernant le fonctionnement du com.tom RADIO 8.2

8 ANNEXES


Les différentes annexes répertoriées sont les suivantes :

- Annexe 1 : datasheets des modules présents sur le coupleur Wago
 - 750 – 602
 - 750 – 430
 - 750 – 530
 - 750 – 459
 - 750 - 461
- Annexe 2 : datasheet Speed Monitor : 130130_speed_monitor_im0040439.pdf
 - Page 76
 - Page 79
 - Page 82
- Annexe 3 : datasheet ROBA-Stop-M :
http://www.mayr.com/fileadmin/user_upload/Dokumentationen/englisch/ROBA-stop-M/ROBA-stop-M_general_catalogue.pdf
 - Page 2
- Annexe 4 : datasheet Alimentation BALLUF BAE0006 :
http://www.balluff-ua.com/pdf/power_supplies_en.pdf
 - Page 276
- Annexe 5 : datasheet Fusibles 45225B/1 :
http://www.ranger.com.hk/Products/Woertz/23%20-%20Modules_for_Safety.pdf
 - Page 13
- Annexe 6 : datasheet Chauffage EGK030 ELDON :
<http://www.eldon.com/Templates/Commerce/Pages/ServeAsset.aspx?asset=2114591>

Sion, le 10 juillet 2015

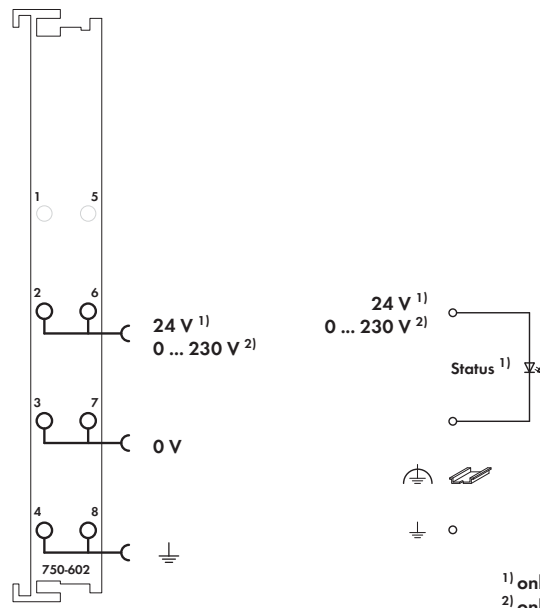
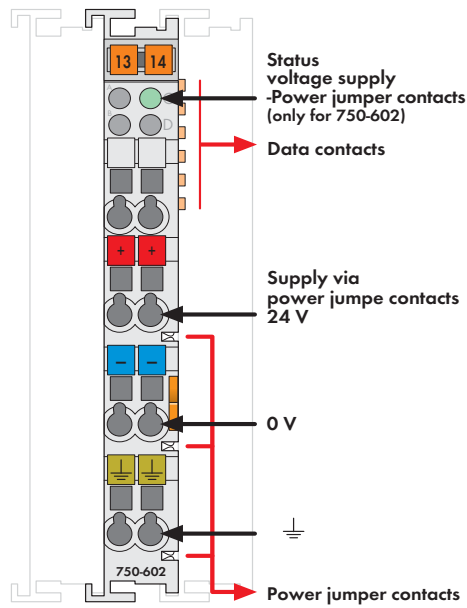
Signature

Jérôme Guex



Supply Module DC 24 V / AC/DC 230 V

passive




¹⁾ only for 750-602
²⁾ only for 750-612

Delivery without Mini WSB marker

The supply module provides field side power through the power jumper contacts.

Maximum available supply current to all connected modules is 10 A.

Should higher currents be necessary, intermediate supply modules must be added to the assembly. Supply modules may also be used to change the supply voltage to certain I/O modules within the assembly - on one fieldbus node.

Description	Item no.	Pack. unit
24V DC Power Supply	750-602	10 ¹⁾
0-230V AC/DC Power Supply	750-612	10 ¹⁾
24V DC Power Supply/T	750-602/025-000	1
(Operating temperature -20 °C ... +60 °C)		
¹⁾ Also available individually		
Accessories	Item no.	Pack. unit
Miniature WSB quick marking system,	plain	248-501
	with marking	see pages 256 ... 257
		
Approvals		
Series 750		
Conformity marking	CE	
UL 508		
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	
EN 60079-15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	
Marine applications	see "Approvals Overview" in section 1	

Technical Data	
Voltage via power jumper contacts (max.)	DC 24 V (750-602) AC / DC 0 V ... 230 V (750-612)
Current via power jumper contacts (max.)	DC 10 A
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm ² ... 2.5 mm ² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths	8 ... 9 mm / 0.33 in
Width	12 mm
Weight	44.5 g (750-602) 51.5 g (750-612)
EMC CE-Immunity to interference	acc. to EN 50082-2 (1996)
EMC CE-Emission of interference	acc. to EN 50081-1 (1993)
EMC marine applications -	
Immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC marine applications -	
Emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)

8-Channel Digital Input Module DC 24 V

1-conductor connection; high-side switching

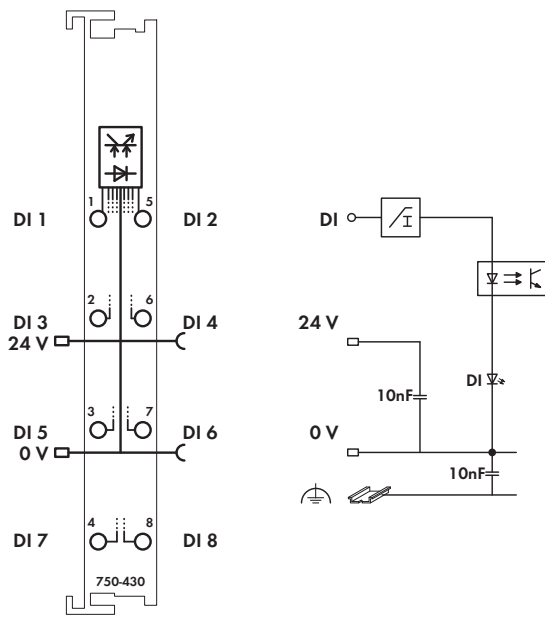
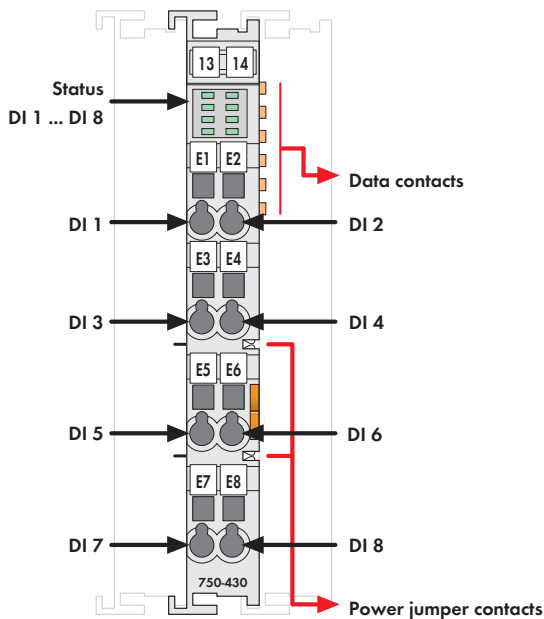


Fig. Series 750 / Technical data see page 28 / Delivery without Mini WSB marker Series 750 / 753 marking see pages 16 ... 17 / 18 ... 19

NOTE: Connection point marking (i.e., 1 ... 8) does not refer to channel assignment

The digital input modules provide 8 channels maintaining a width of only 12 mm. They receive control signals from digital field devices (sensors, etc.).

Each input module has a noise-rejection filter. This filter is available with different time constants.

An optocoupler is used for electrical isolation between the bus and the field side.

Description	Item no.	Pack. unit
8DI 24V DC, 3.0ms	750-430	10 ¹⁾
8DI 24V DC, 0.2ms	750-431	10 ¹⁾
8DI 24V DC, 3.0ms	750-430/025-000	1
(Operating temperature -20 °C ... +60 °C)		
8DI 24V DC, 3.0ms (without connector)	753-430	10 ¹⁾
8DI 24V DC, 0.2ms (without connector)	753-431	10 ¹⁾
1) Also available individually		
Accessories	Item no.	Pack. unit
753 Series connector	753-110	25
Coding elements	753-150	100
Miniature WSB quick marking system,		
plain	248-501	5
with marking	see pages 256 ... 257	
Approvals		
Series 750 and 753		
• UL 508		
Conformity marking	CE	
• ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	
Series 750		
• EN 60079-15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	
	BR-Ex nA II T4	
Marine applications	see "Approvals Overview" in section 1	

Technical Data	
No. of inputs	8
Current consumption (internal)	17 mA
Voltage via power jumper contacts	DC 24 V (-25 % ... +30 %)
Signal voltage (0)	DC -3 V ... +5 V
Signal voltage (1)	DC 15 V ... 30 V
Input filter	3.0 ms (750-430 / 753-430)
	0.2 ms (750-431 / 753-431)
Input current (typ.)	2.8 mA
Isolation	500 V system/supply
Internal bit width	8 bits
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm ² ... 2.5 mm ² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths (750 / 753 Series)	8 ... 9 mm / 0.33 in
	9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	48.5 g
EMC CE-Immunity to interference	acc. to EN 50082-2 (1996)
EMC CE-Emission of interference	acc. to EN 50081-1 (1993)
EMC marine applications -	
Immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC marine applications -	
Emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)

8-Channel Digital Output Module DC 24 V

short-circuit protected; high-side switching

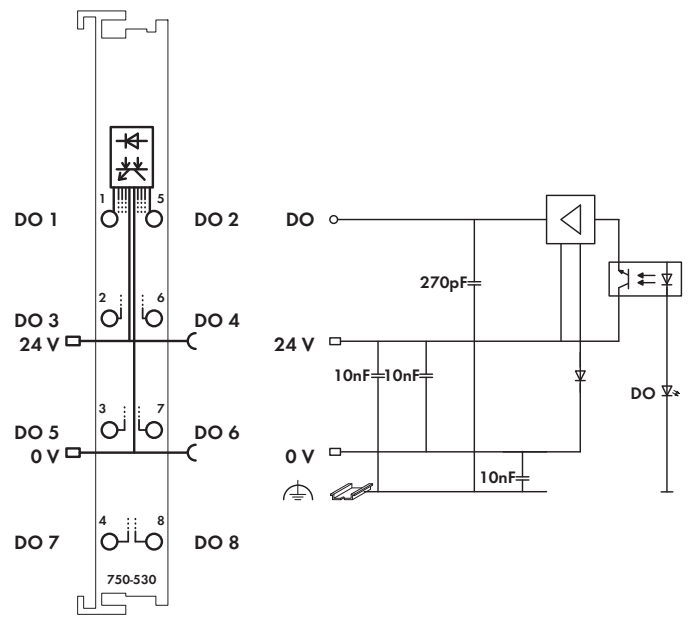
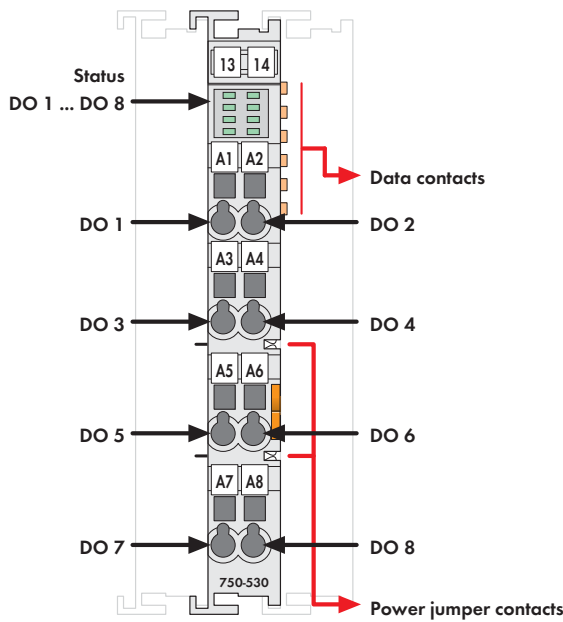


Fig. Series 750 / Technical data see page 28 / Delivery without Mini WSB marker Series 750 / 753 marking see pages 16 ... 17 / 18 ... 19

NOTE: Connection point marking (i.e., 1 ... 8) does not refer to channel assignment

The digital output modules provide 8 channels maintaining a width of only 12 mm. The connected load is switched via the digital output from the control system.

All outputs are electronically short-circuit-protected.

Each output is electrically isolated from the bus by use of optocouplers.

Description	Item no.	Pack. unit
8DO 24V DC 0.5A	750-530	10 ¹⁾
8DO 24V DC 0.5A/T	750-530/025-000	1
[Operating temperature -20 °C ... +60 °C]		
8DO 24V DC 0.5A (without connector)	753-530	10 ¹⁾
1) Also available individually		
Accessories	Item no.	Pack. unit
753 Series connector	753-110	25
Coding elements	753-150	100
Miniature WSB quick marking system,		
plain	248-501	5
with marking	see pages 256 ... 257	
Approvals		
Series 750 and 753		
Conformity marking	CE	
UL 508		
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	
Series 750		
EN 60079-15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	
	BR-Ex nA II T4	
Marine applications	see "Approvals Overview" in section 1	

Technical Data	
No. of outputs	8
Current consumption (internal)	25 mA
Voltage via power jumper contacts	DC 24 V (-25 % ... +30 %)
Type of load	resistive, inductive, lamps
Switching rate (max.)	2 kHz
Output current (max.)	0.5 A, short-circuit protected
Inductive load switch off energy	
dissipation W (max.)	0.9 J; L max = 2 x W max / I ²
Current consumption typ. (field side)	15 mA + charge
Isolation	500 V system/supply
Internal bit width	8 bits
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm ² ... 2.5 mm ² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths (750 / 753 Series)	8 ... 9 mm / 0.33 in
	9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	48.5 g
EMC CE-Immunity to interference	acc. to EN 50082-2 (1996)
EMC CE-Emission of interference	acc. to EN 50081-2 (1994)
EMC marine applications -	
Immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC marine applications -	
Emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)

8-Channel Digital Output Module DC 24 V

short-circuit protected; high-side switching

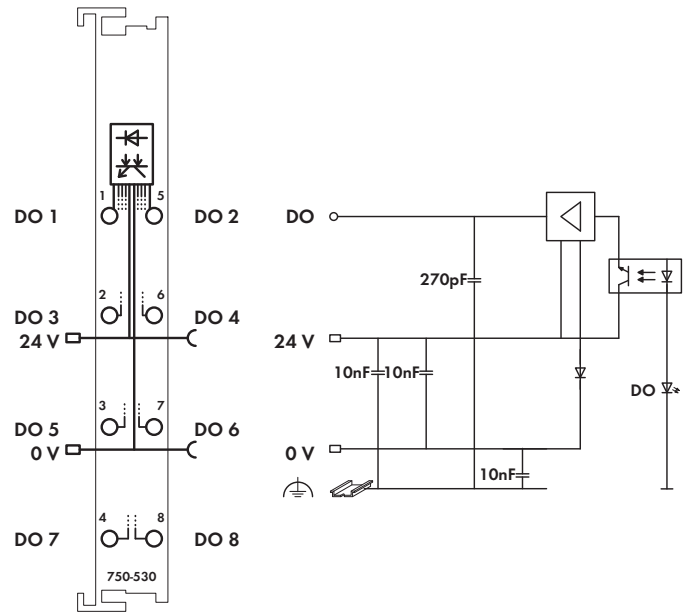
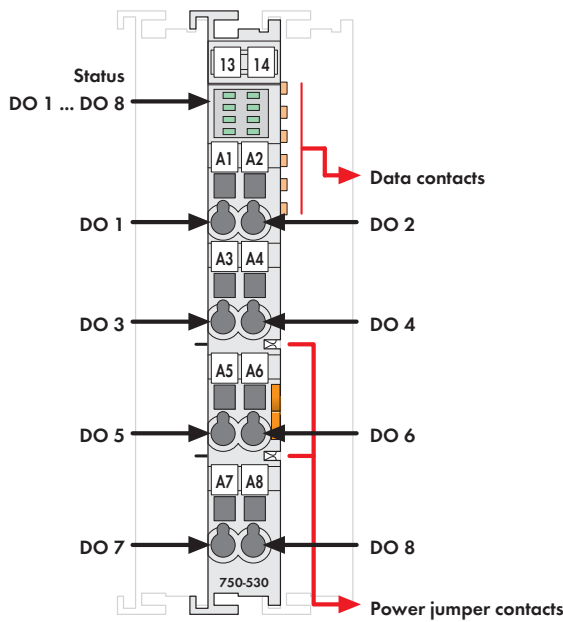


Fig. Series 750 / Technical data see page 28 / Delivery without Mini WSB marker Series 750 / 753 marking see pages 16 ... 17 / 18 ... 19

NOTE: Connection point marking (i.e., 1 ... 8) does not refer to channel assignment

The digital output modules provide 8 channels maintaining a width of only 12 mm. The connected load is switched via the digital output from the control system.

All outputs are electronically short-circuit-protected.

Each output is electrically isolated from the bus by use of optocouplers.

Description	Item no.	Pack. unit
8DO 24V DC 0.5A	750-530	10 ¹⁾
8DO 24V DC 0.5A/T	750-530/025-000	1
[Operating temperature -20 °C ... +60 °C]		
8DO 24V DC 0.5A (without connector)	753-530	10 ¹⁾
1) Also available individually		
Accessories	Item no.	Pack. unit
753 Series connector	753-110	25
Coding elements	753-150	100
Miniature WSB quick marking system,		
plain	248-501	5
with marking	see pages 256 ... 257	
Approvals		
Series 750 and 753		
Conformity marking	CE	
UL 508		
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	
Series 750		
EN 60079-15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	
	BR-Ex nA II T4	
Marine applications	see "Approvals Overview" in section 1	

Technical Data	
No. of outputs	8
Current consumption (internal)	25 mA
Voltage via power jumper contacts	DC 24 V (-25 % ... +30 %)
Type of load	resistive, inductive, lamps
Switching rate (max.)	2 kHz
Output current (max.)	0.5 A, short-circuit protected
Inductive load switch off energy	
dissipation W (max.)	0.9 J; L max = 2 x W max / I ²
Current consumption typ. (field side)	15 mA + charge
Isolation	500 V system/supply
Internal bit width	8 bits
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm ² ... 2.5 mm ² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths (750 / 753 Series)	
	8 ... 9 mm / 0.33 in
	9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	48.5 g
EMC CE-Immunity to interference	acc. to EN 50082-2 (1996)
EMC CE-Emission of interference	acc. to EN 50081-2 (1994)
EMC marine applications -	
Immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC marine applications -	
Emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)

4-Channel Analog Input Module ±10 V/0-10 V

Single-ended (S.E.)

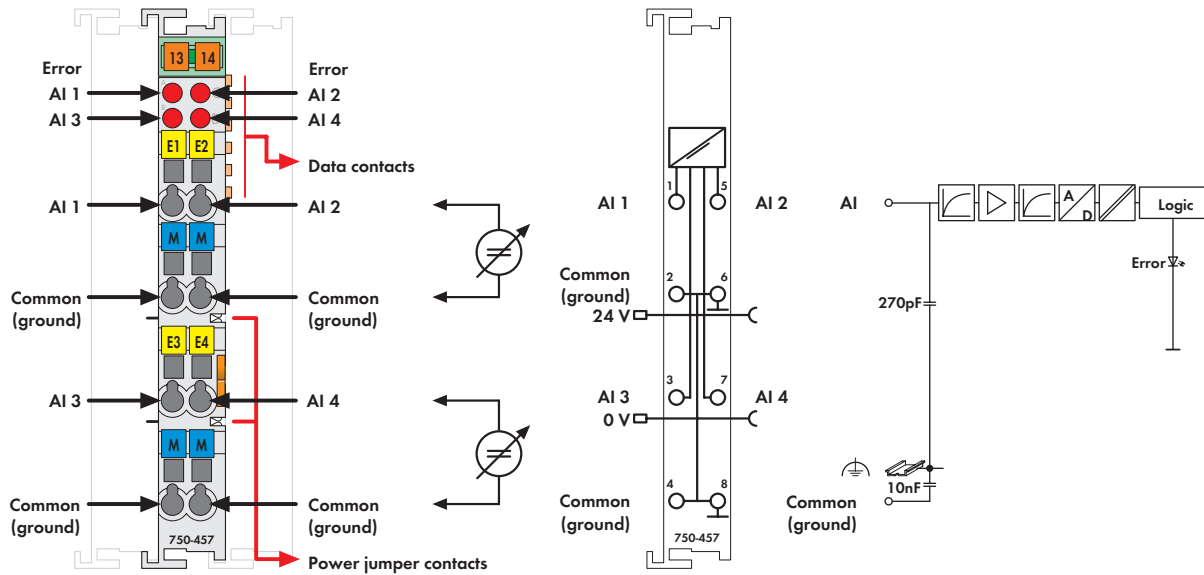


Fig. 750 Series/Technical data see page 24/Delivered without miniature WSB markers
750/753 Series marking see pages 12 ... 13 / 14 ... 15

The analog input module receives signals with the standardized values ±10V and 0-10V.

The input signal is electrically isolated and will be transmitted with a resolution of 12 bits.

The internal system supply is used for the power supply of the module.

The input channels of a module have one common ground potential.

Description	Item No.	Pack. Unit
4AI ±10V DC S.E.	750-457	10 ¹⁾
4AI ±10V DC S.E./T (Operating temperature -20 °C ... +60 °C)	750-457/025-000	1
4AI 0-10V DC S.E.	750-459	10 ¹⁾
4AI ±10V DC S.E. (without connector)	753-457	10 ¹⁾
4AI 0-10V DC S.E. (without connector)	753-459	10 ¹⁾
¹⁾ Also available individually		
Accessories	Item No.	Pack. Unit
753 Series Connectors	753-110	25
Coding elements	753-150	100
Miniature WSB Quick marking system		
plain	248-501	5
with marking	see pages 304 ... 305	
Approvals		
750 and 753 Series		
Conformity marking	CE	
UL 508		
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	
750 Series		
EN 60079-15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	
Shipbuilding	see "Approvals Overview" in section 1	

Technical Data	
Number of inputs	4
Voltage supply	via system voltage DC/DC
Current consumption (internal)	65 mA
Input voltage (max.)	± 40 V
Signal voltage	± 10 V (750-457, 753-457) 0 V ... 10 V (750-459, 753-459)
Input resistance	> 100 kΩ
Resolution	12 bits
Conversion time (typ.)	10 ms
Measuring error (25 °C)	< ± 0.2 % of the full scale value
Temperature coefficient	< ± 0.01 % / K of the full scale value
Isolation	500 V system/supply
Bit width	4 x 16 bits data 4 x 8 bits control/status (optional)
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm² ... 2.5 mm² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths, 750/753 Series	8 ... 9 mm / 0.33 in 9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	51 g
EMC Immunity to interference	acc. to EN 61000-6-2 (2005)
EMC Emission of interference	acc. to EN 61000-6-4 (2007)
EMC marine applications - Immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC marine applications - Emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)

2-Channel Analog Input Module for RTDs

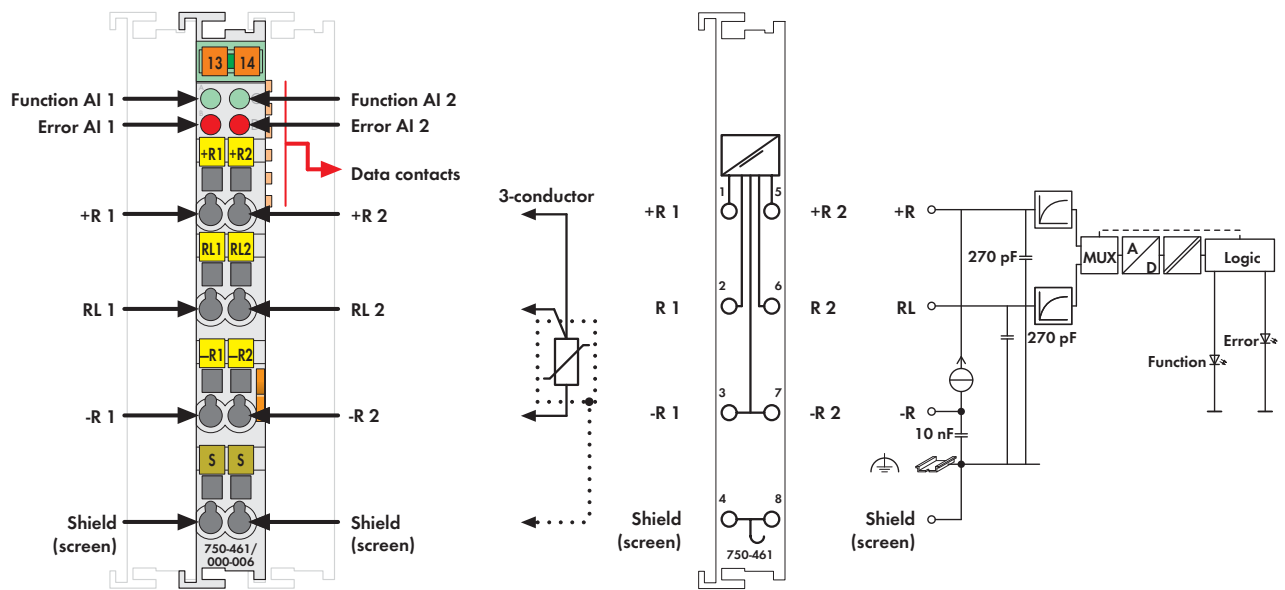


Fig. 750 Series/Technical data see page 24/Delivered without miniature WSB markers
750/753 Series marking see pages 10 ... 11 / 12 ... 13

The input module directly connects to Pt resistance sensors. The connection of 2- or 3-conductor sensors is possible. The module automatically linearizes the entire temperature range. A sensor error is indicated by a red LED. A green LED indicates readiness for operation and error-free communication with the buscoupler. The shield (screen) is directly connected to the DIN rail.

Technical data for the 750-461/020-000 model:

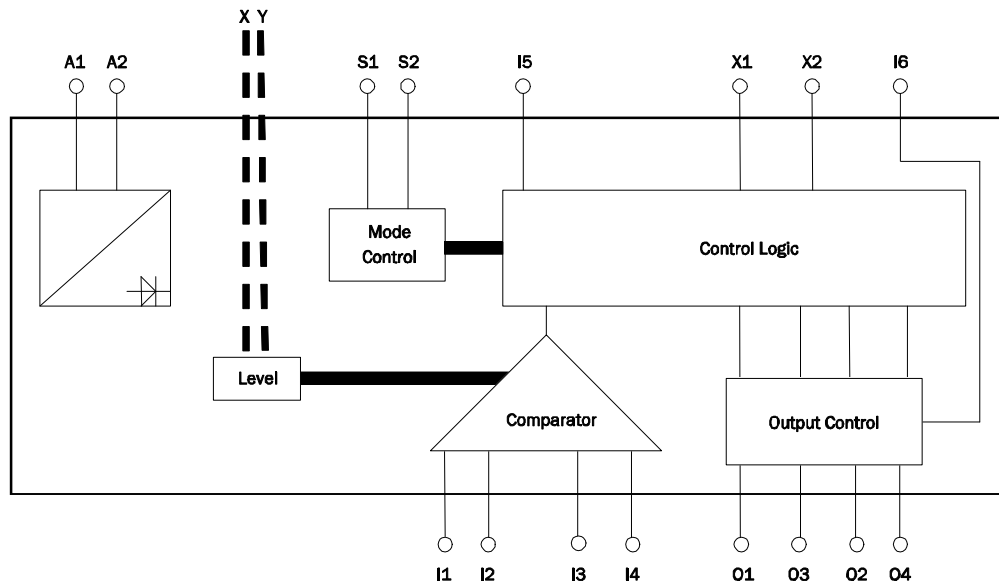
- Current consumption max (internal): 65 mA
- Sensor types: NTC 20 kOhm
- Temperature range: -30 °C ... +130 °C
- Measuring error: 0.5 K ... 3.0 K (dependent on temperature)
- Temperature coefficient: < +/- 0.002 %/K of full scale value
- Measured current typ.: 0.05 mA at 25 °C

All listed sensor types are supported by the configurable variation. Set-up via WAGO-I/O-CHECK software.

Description	Item No.	Pack. Unit
2AI Pt 100/RTD	750-461	10 ¹⁾
2AI Resistance Measur. 10R-1k2	750-461/000-002	10 ¹⁾
2AI Pt 1000/RTD	750-461/000-003	10 ¹⁾
2AI Ni 100/RTD	750-461/000-004	10 ¹⁾
2AI Ni 1000 TK6180/ RTD	750-461/000-005	10 ¹⁾
2AI Resistance Measur. 10R-5k0	750-461/000-007	10 ¹⁾
2AI Ni 1000 TK5000/ RT	750-461/000-009	1
2AI Pt 100/RTD S5 ²⁾	750-461/000-200	10 ¹⁾
2AI Pt 100/free configurable	750-461/003-000	10 ¹⁾
2AI NTC 20k	750-461/020-000	1
Differing technical data see text		
2AI Pt 100/RTD/T	750-461/025-000	1
(Operating temperature -20 °C ... +60 °C)		
2AI Pt 100/RTD (without connector)	753-461	1
2AI Pt 100/free configurable (without connector)	753-461/003-000	1
¹⁾ Also available individually		
²⁾ Data format for S5 control with FB 251		
Approvals Also see "Approvals Overview" in Section 1		
Conformity marking	CE	
Shipbuilding (versions upon request)	ABS, BV, DNV, GL, KR, LR*, NKK*, PRS*, RINA* *753 Series, pending	
UL 508	UL 508	
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4	750-461, -/00x-xxx, -461/020-000 753-461, -461/...
EN 60079-0, -15	I M2 / II 3 GD Ex nA IIC T4	750-461/0x0-xxx 753-461, -461/...
EN 60079-0, -11, -15	I M2 Ex d I	750-461 *
EN 61241-0, -1, -11	II 3 G Ex nA IIC T4	750-461 *
	II 3 D Ex tD A22 IP6X T135 °C	750-461 *
* Permissible operating temperature: 0 °C ... +60 °C		

Technical Data	
Number of inputs	2
Power supply	via system voltage DC/DC
Current consumption typ. (internal)	80 mA
Sensor types	Pt 100 (basic variation), optional variations available for Pt 200, Pt 500, Pt 1000, Ni 100, Ni 120, Ni 1000, resistance measuring
Sensor connection	3-wire connection (factory preset) or 2-wire
Temperature range	-200 °C ... + 850 °C (Pt) -60 °C ... +250 °C (Ni)
Resolution (over entire range)	0.1 °C
Conversion time	320 ms (per channel)
Response time (max.)	4 s
Measuring error (25 °C)	< ± 0.2 % of the full scale value
Temperature coefficient	< ± 0.01 % / K of the full scale value
Isolation	500 V system/supply
Measuring current (typ.)	0.5 mA
Bit width	2 x 16 bits data 2 x 8 bits control/status (optional)
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm ² ... 2.5 mm ² / AWG 28 ... 14
Stripped lengths, 750/753 Series	8 ... 9 mm / 0.33 in 9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	52.5 g
EMC: CE - immunity to interference	acc. to EN 61000-6-2 (2005)
EMC: CE - emission of interference	acc. to EN 61000-6-4 (2007)
EMC: marine app. - immunity to interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
EMC: marine app. - emission of interference	acc. to Germanischer Lloyd (2003)
Accessories	753 Series Connectors, Coding elements Miniature WSB Quick marking system

Fig. 1 : Vue d'ensemble du module



Variantes pour différentes plages de régime/fréquence :

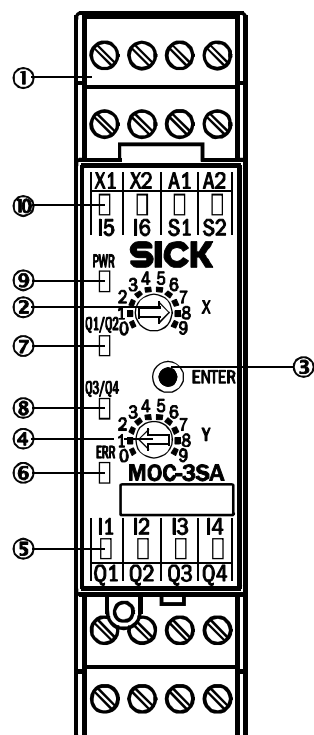
- MOC3SA-A avec limite de régime de rotation réglable de 0,1 Hz à 9,9 Hz,
- MOC3SA-B avec limite de régime de rotation réglable de 0,5 Hz à 99 Hz.

Il est possible de raccorder les appareils suivants sur le MOC3SA :

- Capteurs ordinaires,
- Codeur incrémental HTL,
- Commandes (standard, de sécurité),
- Interrupteurs de sécurité électromécaniques,
- Actionneurs.

3.2 Touches de commande et affichage

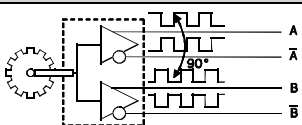
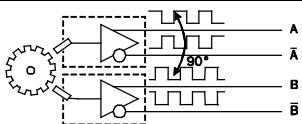
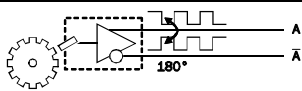
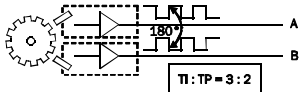
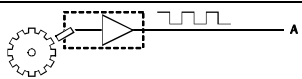
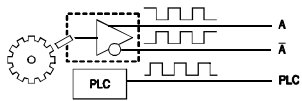
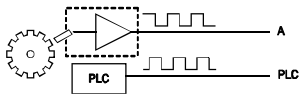
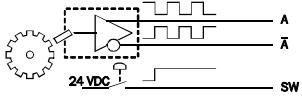
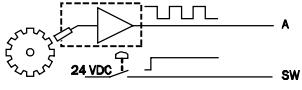
Fig. 2 : Touches de commande et affichage MOC3SA



- ① Bornes
- ② Commutateur rotatif X (réglage de la fréquence)
- ③ Touche Enter
- ④ Commutateur rotatif Y (réglage de la fréquence)
- ⑤ LED : I1 à I4 (capteurs des signaux d'entrée ou sélection du mode de fonctionnement)
- ⑥ LED ERR (défaut)
- ⑦ LED Q1/Q2 (sorties OSSD)
- ⑧ LED Q3/Q4 (sorties OSSD)
- ⑨ PWR-LED (Power)
- ⑩ LED : I5, I6, S1, S2 (circuit de commande)

MOC3SA

Tab. 4 : Modes de fonctionnement

Mode de fonctionnement	Signaux des capteurs	I1	I2	I3	I4	S1	S2	Détection de rupture de câble	Détection d'un blocage à l'état haut (Stuck at HIGH)	Détection de Court-circuit interne	Niveau max. de sécurité accessible à l'application
A-1		A	B	\bar{A}	\bar{B}	0	0	oui	oui	oui	SIL3 PL e Cat. 4
A-2		A	B	\bar{A}	\bar{B}	0	0	oui	oui	oui	SIL3 PL e Cat. 4
B-1		A	\bar{A}	0	0	0	1	oui	oui	oui	SIL1 PL c Cat. 1
B-2		A	B	0	1	0	1	oui	oui	non	SIL2 PL d Cat. 3
B-3		A	0	1	0	0	1	non	non	non	SIL1 PL c Cat. 1
C-1		A	PLC	\bar{A}	0	1	0	oui	oui + défaut opérationnel	oui	SIL2 PL d Cat. 3
C-2		A	PLC	0	0	1	1	Défaut opérationnel	Défaut opérationnel	non	SIL2 PL d Cat. 3
D-1		A	SW	\bar{A}	1	1	0	oui	oui + défaut opérationnel	oui	SIL2 PL c Cat. 2
D-2		A	SW	0	1	1	1	Défaut opérationnel	Défaut opérationnel	non	SIL1 PL c Cat. 2

Interprétation :

- «0» = Ne pas raccorder ou raccorder à la masse.
- «1» = Raccorder à la tension d'alimentation.
- «A»/«B» = Raccorder à la sortie d'un capteur.
- « \bar{A} »/« \bar{B} » = Raccorder à la sortie complémentée d'un capteur.
- «PLC» = Raccorder à une commande à signal de sortie dynamique (typ. API).
- «SW» = Raccorder à une commande ou un interrupteur (signal statique).
- «TI» = Durée d'impulsion
- «TP» = Pause d'impulsion

Un mode de fonctionnement se définit au moyen du câblage des entrées S1, S2 et I1, I2, I3, I4.



Les niveaux de sécurité nominaux que le Tab. 4 peut atteindre sont des points de repère pour les utilisateurs et sont déterminés par le schéma externe, de l'exécution du câblage, le choix des capteurs et des dispositifs de commande ainsi que de leur raccordement sur place à la machine.

Les chapitres suivants donnent des informations sur chacun des groupes A à D de modes de fonctionnement.

Tab. 6 : Diagramme d'état et de transition d'états, modes de fonctionnement C-1/C-2

État	Entrées	Sorties
État A, si franchissement par défaut de fLimit	I1/I3 au-dessous de fLimit et I2 = 2 Hz	Q1/Q2 = à l'état haut, Q3/Q4 = à l'état bas
État B, si franchissement par excès de fLimit	I1/I3 au-dessus de fLimit et I2 = statique	Q1/Q2 = à l'état bas, Q3/Q4 = à l'état haut
C	I1/I3 au-dessus de fLimit et I2 = 2 Hz	
D	I1/I3 au-dessous de fLimit et I2 = statique	
E	I1/I3 au-dessus de fLimit et I2 = 2 Hz	
F	I1/I3 au-dessous de fLimit et I2 = statique	

```

    graph TD
      B((B)) --> C((C))
      B((B)) --> D((D))
      B((B)) --> E((E))
      B((B)) --> F((F))
      C((C)) --> A((A))
      D((D)) --> A((A))
      E((E)) --> A((A))
      F((F)) --> A((A))
      A((A)) --> B((B))
      A((A)) --> C((C))
      A((A)) --> D((D))
      A((A)) --> E((E))
      A((A)) --> F((F))
    
```

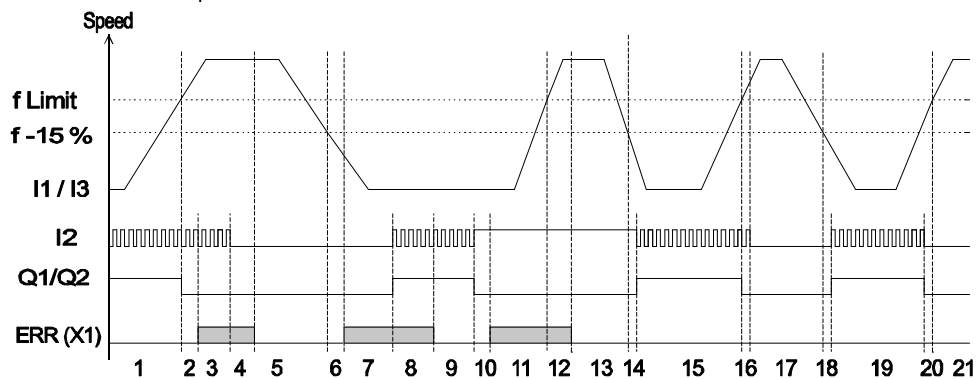
Conditions pour les états décrits :

- La colonne Entrées décrit les conditions pour parvenir à chacun des états et y rester.
- Seules sont permises les transitions d'état qui correspondent au diagramme des états.
- Dans les états C, D, E et F, un défaut opérationnel est reporté via X1. Ce défaut n'est qu'un message d'avertissement*, qui prévient l'utilisateur de ces états.
- Si ces transitions d'état ne sont pas respectées, il est nécessaire de repasser par l'état B pour revenir à l'état A.
- Après la mise sous tension, et en dehors des états C et D, tous les autres états sont possibles.

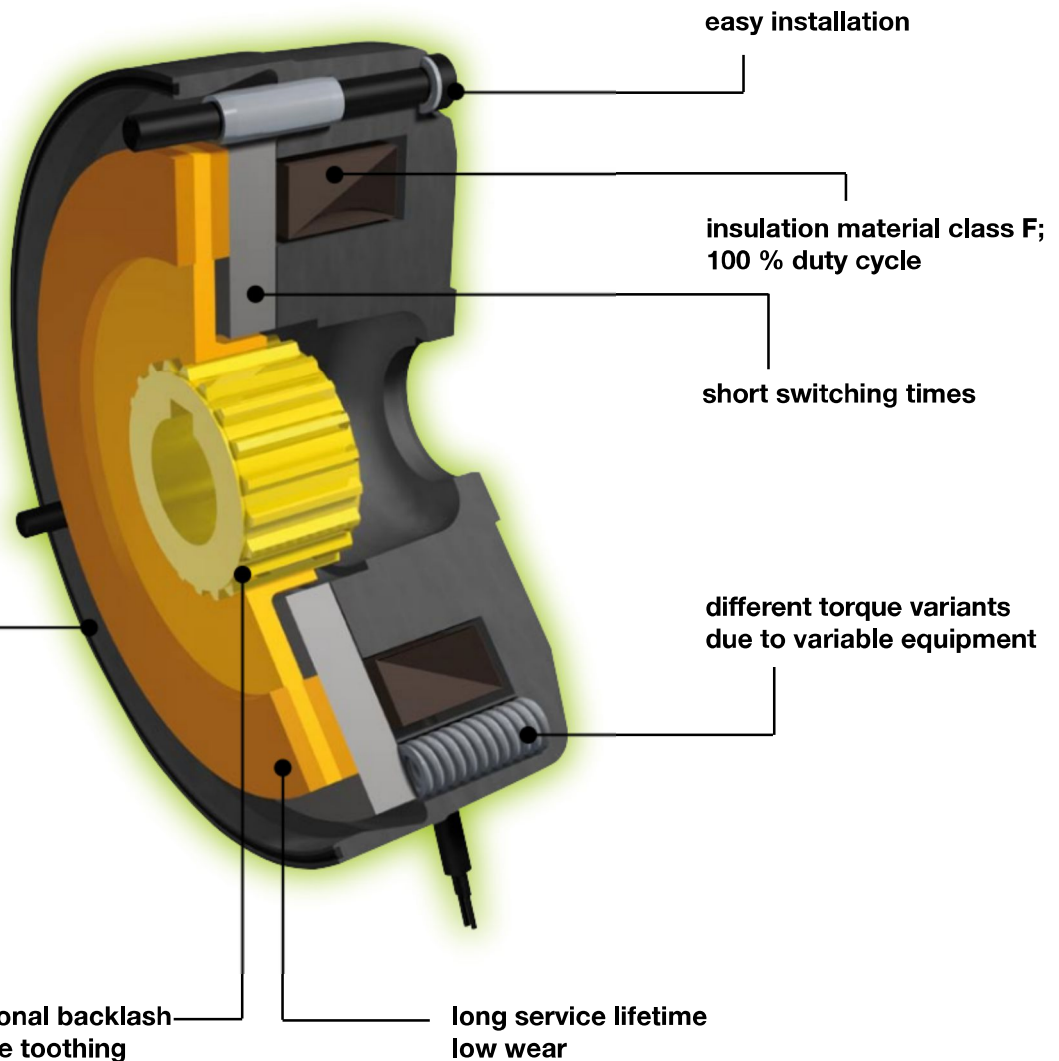
*cf. 8.4 «Signalisation des défauts et diagnostic»

Il faut ensuite respecter d'autres modalités :

Fig. 10 : Diagramme des signaux, modes de fonctionnement C-1/C-2



Your Reliable Brake



Advantages for Your Applications

- ❑ Easy installation
- ❑ Brake outer diameter completely enclosed (higher protection can easily be realised)
- ❑ Magnetic coil is designed for a relative duty cycle of 100 %
- ❑ Magnetic coil and casting compound correspond to insulation material class F
- ❑ The nominal air gap is constructionally specified and inspected
- ❑ Short switching times
- ❑ Maintenance-free for rotor lifetime

Designs and Variants

See Type key on page 3, Dimensions Figs., Technical Data and Dimensions Sheets on pages 4 and 5 and Further Options on page 10.

Function

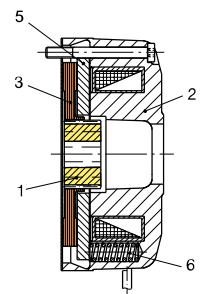
ROBA-stop[®]-M brakes are spring applied, electromagnetic safety brakes.

Spring applied:

In a de-energised condition, helical springs (6) press against the armature disk (5). The rotor (3) is held between the armature disk (5) and the corresponding mounting surface of the machine. The shaft is braked via the gear hub (1).

Electromagnetic:

When the power is switched on, a magnetic field is built up. The armature disk (5) is attracted to the coil carrier (2) against the spring pressure. The brake is released and the shaft is able to rotate freely.



Safety brakes:

The brake brakes reliably and safely in the event of power switch-off, a power failure or an EMERGENCY STOP.

Power Supplies

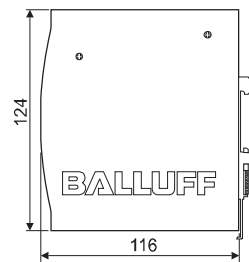
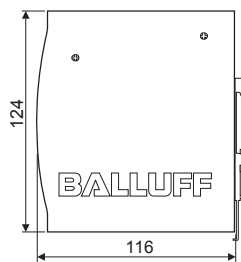
Single-phase input voltage
3.8 A, 5 A

Metal



Output current	3.8 A	5 A
Output power	91.20 W	120 W
Output voltage	24 V DC (SELV)	24 V DC (SELV)
Input voltage	115/230 V AC (Auto-Select)	115/230 V AC (Auto-Select)
Ordering code	BAE003J	BAE0006
Part number	BAE PS-XA-1W-24-038-003	BAE PS-XA-1W-24-050-003
Input voltage range	90...132 V AC; 180...264 V AC/210...375 V DC	90...132 V AC; 180...264 V AC/210...375 V DC
Inrush current	115 V AC < 24 A/230 V AC < 48 A	115 V AC < 24 A/230 V AC < 48 A
Frequency range	47...63 Hz	47...63 Hz
Input fuse	T3.15 A/250 V AC internal	T3.15 A/250 V AC internal
Voltage adjustment range	22.5...24.5 V DC	22.5...28.5 V DC
Temperature coefficient	±0.03 %/°C	±0.03 %/°C
Ripple & noise	50 mV	50 mV
Holdup time	115 V AC > 25 ms/230 V AC > 30 ms	115 V AC > 25 ms/230 V AC > 30 ms
Status indicator DC ON	Green LED	Green LED
Status indicator DC LOW	Red LED	Red LED
Efficiency	86 %	86 %
Response	Forward characteristic	Forward characteristic
Switching frequency	> 55 kHz (typically)	> 55 kHz (typically)
Isolation voltage	3000 V AC	3000 V AC
Isolation resistance	100 MΩ	100 MΩ
Turn-on delay	< 1 s	< 1 s
Ambient temperature range	-25...+71 °C	-25...+71 °C
Derating	-2.5 %/°C above +61 °C	-2.5 %/°C above +61 °C
Parallel mode	Yes	Yes
Degree of protection as per IEC 60529	IP 20	IP 20
Ready output	DC OK output relay	DC OK output relay
Cooling	Air convection	Air convection
Housing material	Metal	Metal
Weight	0.92 kg	0.92 kg
Approvals	CE, UL/cUL, TÜV	CE, UL/cUL, TÜV
Wiring diagram	<p>L, N Input terminals PE PE connection Vo - Output terminal - Vo + Output terminal + Rdy Ready output</p>	<p>L, N Input terminals PE PE connection Vo - Output terminal - Vo + Output terminal + Rdy Ready output</p>

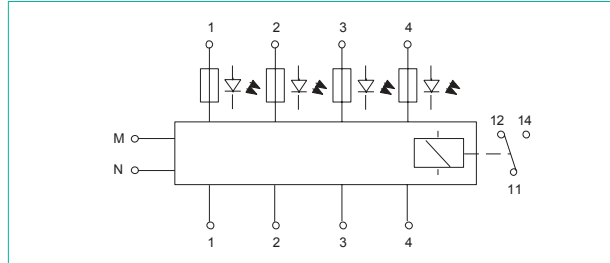
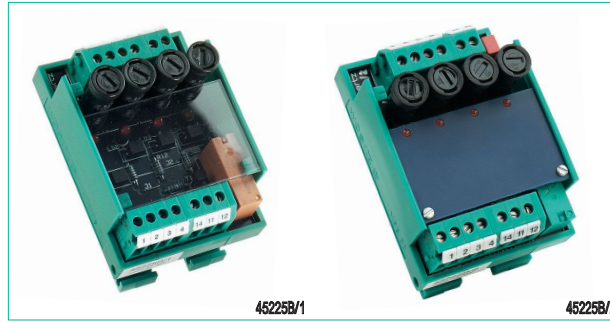
*SELV = Safety Extra Low Voltage





Properties

- Consist of 4 fuses, the state of which indicated through red LED
- Failure of one of the fuses activates the general alarm relay (changeover contact may be used with an external visual or audible alarm)
- For fuses type 5 x 20 mm up to 6.3 A



xu Technical data ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Versions

- Number of fuses
- Operating voltage (at the fuses)
- Minimum load current
- Maximum load current (fuse)
- Leakage resistance when fuse has blown
- Relay operating voltage (M+N)
- Type of relay switch
- Contact rating (general alarm relay)

General data

- Operating temperature
- Size W x H x D

No Order numbers

	6.5 - 60 V AC/DC	90 - 240 V AC/DC
Number of fuses	4	4
Operating voltage (at the fuses)	6.5 - 60 V AC/DC	90 - 240 V AC/DC
Minimum load current	0.7 mA	0.7 mA
Maximum load current (fuse)	6.3 A	6.3 A
Leakage resistance when fuse has blown	min. 330 k Ω	min. 330 k Ω
Relay operating voltage (M+N)	18 - 35 V AC/DC	90 - 240 V AC/DC
Type of relay switch	1 changeover contact, potential free	1 changeover contact, potential free
Contact rating (general alarm relay)	8 A / 250 V AC	8 A / 250 V AC
Operating temperature	-20°C up to +50°C	-20°C up to +50°C
Size W x H x D	60 x 83 x 57 mm	60 x 83 x 57 mm
Order numbers	45225B/1	45225B/2



Description: Petite résistance chauffante à semi-conducteur, à fixer verticalement pour éviter la condensation. Clip de fixation pour rail DIN 35 mm (EN 60715).

Élément chauffantRésistance PTC auto-régulée à limitation de température.

Matériel: Plastique et profilé en aluminium anodisé.

Humidité opérationnel-45 à +70 °C. **Capacité de chauffage donnée à une température ambiante de 20 °C.**

Raccordement: Câbles silicone 3x0,5 mm² (300 mm). Pour résistances chauffantes UL, câble 3XAWG20 (300 mm).

Protection: IP44, classe I (mise à la terre).

Homologations: UL (code article normal + UL à la fin), GOST.

Unité de livraison: 1 pièce.

Tension (V)		L		Référence
120-240V AC/DC	10	1.0	52	EGK010
120-240V AC/DC	20	2.5	60	EGK020
120-240V AC/DC	30	3.0	70	EGK030
110-120V AC/DC	10	1.0	52	EGK010UL
110-120V AC/DC	20	2.5	70	EGK020UL
110-120V AC/DC	30	3.0	100	EGK030UL

**Les valeurs de tension min./max. des résistances chauffantes 120-240 V sont de 110/265 V ; si les tensions de fonctionnement sont inférieures à 140 Vc.a./c.c., les performances de la résistance sont réduites de 10 %.*