

Filière Systèmes industriels

Orientation Power and Control

Diplôme 2013

Shadya Gabathuler

*Modèle d'éolienne pour
Mini-Réseau HT/MT*

■ Professeur
Dominique Roggo
■ Expert
Paul-Alain Clivaz
■ Date de la remise du rapport
12 juillet 2013

<input checked="" type="checkbox"/> FSI <input type="checkbox"/> FTV	Année académique / Studienjahr 2012/13	No TD / Nr. DA pc/2013/30
Mandant / Auftraggeber <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire <i>Partnerinstitution</i>	Etudiant / Student Shadya Gabathuler <hr/> Professeur / Dozent Dominique Roggo	Lieu d'exécution / Ausführungsort <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire <i>Partnerinstitution</i>
Travail confidentiel / vertrauliche Arbeit <input type="checkbox"/> oui / ja ¹ <input checked="" type="checkbox"/> non / nein		

Titre / Titel

Modèle d'éolienne pour Mini-Réseau HT/MT

Description et Objectifs / Beschreibung und Ziele



Le mini-réseau à l'échelle 1:5000 du GridLab sera complété par deux modèles d'éoliennes injectant de l'énergie dans la partie moyenne tension du réseau simulé. L'objectif de ce projet est de concevoir le modèle de l'entraînement électrique d'une éolienne moderne, représentative du marché actuel, comprenant la génératrice, un convertisseur et son unité de contrôle. La génératrice de l'éolienne sera entraînée par un moteur modélisant la turbine de l'éolienne soumise à l'effet du vent. La relation entre vitesse de rotation et puissance tirée par la génératrice devra simuler au mieux le comportement de la turbine d'une vraie éolienne.

Les composants principaux du modèle ont été choisis au cours du projet de semestre précédant le projet. Une configuration mécanique, en particulier le couplage des deux machines électriques, a également été définie. Au cours de cette deuxième phase du projet, l'accent sera mis sur la réalisation pratique et la programmation des fonctions de contrôle de base pour les convertisseurs d'entraînement.

Résultats attendus du projet du Travail de Diplôme :

- Conception détaillée et réalisation de la partie mécanique : supports, roues et courroie d'entraînement
- Conception de la structure permettant la programmation du modèle
- Schéma électrique de câblage de l'ensemble
- Settings et programmation des fonctions de base des convertisseurs industriels
- Conception basique de l'interface homme-machine pour le contrôle de la maquette

Une démonstration de la maquette fonctionnant à un point de travail donné devrait clore le projet.

Signature ou visa / Unterschrift oder Visum Resp. de la filière Leiter des Studieng.:  ¹ Etudiant/Student: 	Délais / Termine Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags: 13.05.2013 Remise du rapport / Abgabe des Schlussberichts: 12.07.2013 Expositions / Ausstellungen Diplomarbeiten: 28 – 30.08.2013 Défense orale / Mündliche Verfechtung: Semaine Woche 36
---	---

¹ Par sa signature, l'étudiant-e s'engage à respecter strictement le caractère confidentiel du travail de diplôme qui lui est confié et des informations mises à sa disposition.

Durch seine Unterschrift verpflichtet sich der Student, die Vertraulichkeit der Diplomarbeit und der dafür zur Verfügung gestellten Informationen zu wahren.

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION GENERALE.....	8
1.1	ORGANISATION DU TRAVAIL	9
2.	ETAT DE L'ART.....	10
2.1	LES AEROGENERATEURS.....	10
2.2	AVANTAGES ET INCONVENIENTS	11
2.3	TOPOLOGIES	11
2.4	SITUATION EN SUISSE	13
3.	SPECIFICATIONS.....	14
3.1	INTRODUCTION	14
3.2	SPECIFICATIONS.....	14
4.	MODELISATION DE LA TURBINE	17
4.1	INTRODUCTION	17
4.2	CARACTERISTIQUES D'UNE EOLIENNE.....	17
4.3	L'EOLIENNE TYPE	21
4.4	LE MODELE D'EOLIENNE	24
5.	CONCEPTION ELECTRIQUE.....	26
5.1	INTRODUCTION	26
5.2	CHOIX DES MACHINES ELECTRIQUES	26
5.3	CHOIX DES CONVERTISSEURS.....	27
5.4	SCHEMA.....	27
5.5	RESULTAT.....	29
6.	CONCEPTION MECANIQUE	30
6.1	INTRODUCTION	30
6.2	LE REDUCTEUR.....	31
6.3	TRANSMISSION DE PUISSANCE	32
6.4	USINAGE DES PIECES MECANIQUES	34
6.5	TABLE DE SUPPORT.....	35
6.6	RESULTAT.....	36
7.	PROGRAMMATION CONVERTISSEUR	37
7.1	INTRODUCTION	37

7.2	CONFIGURATION DES DRIVES	37
7.3	CONFIGURATION DU REGEN	38
7.4	MISE EN SERVICE	39
8.	ACQUISITION DES DONNEES.....	40
8.1	INTRODUCTION	40
8.2	MODBUS RTU	41
9.	INTERFACE HOMME-MACHINE	42
9.1	INTRODUCTION	42
9.2	CONCEPTION	42
10.	ESSAIS ET MESURES	44
11.	CONCLUSION	45
13.	REMERCIEMENTS.....	46
12.	BIBLIOGRAPHIE	47
14.	ANNEXES.....	48

1. INTRODUCTION GENERALE

L'énergie éolienne est une source d'énergie utilisée depuis des siècles, de son exploitation pour faire avancer les bateaux, en passant par les moulins à vent et enfin par les aérogénérateurs dont la technologie a beaucoup évolué ces dernières années. Ceci a permis à l'énergie éolienne de devenir une alternative aux sources d'énergie traditionnelles.

Le but de ce projet est d'apporter une contribution à l'étude des aérogénérateurs en général et de leur contrôle de puissance produite. Pour cela, l'objectif est de concevoir le modèle de l'entraînement électrique d'une éolienne moderne et représentative du marché actuel, afin de compléter le mini-réseau à l'échelle 1 :5000 du GridLab. Le modèle à développer doit permettre :

- L'étude du fonctionnement et de la commande d'une éolienne en général ;
- L'étude du comportement en puissance en fonction du vent ;
- La réinjection de la puissance dans le réseau.

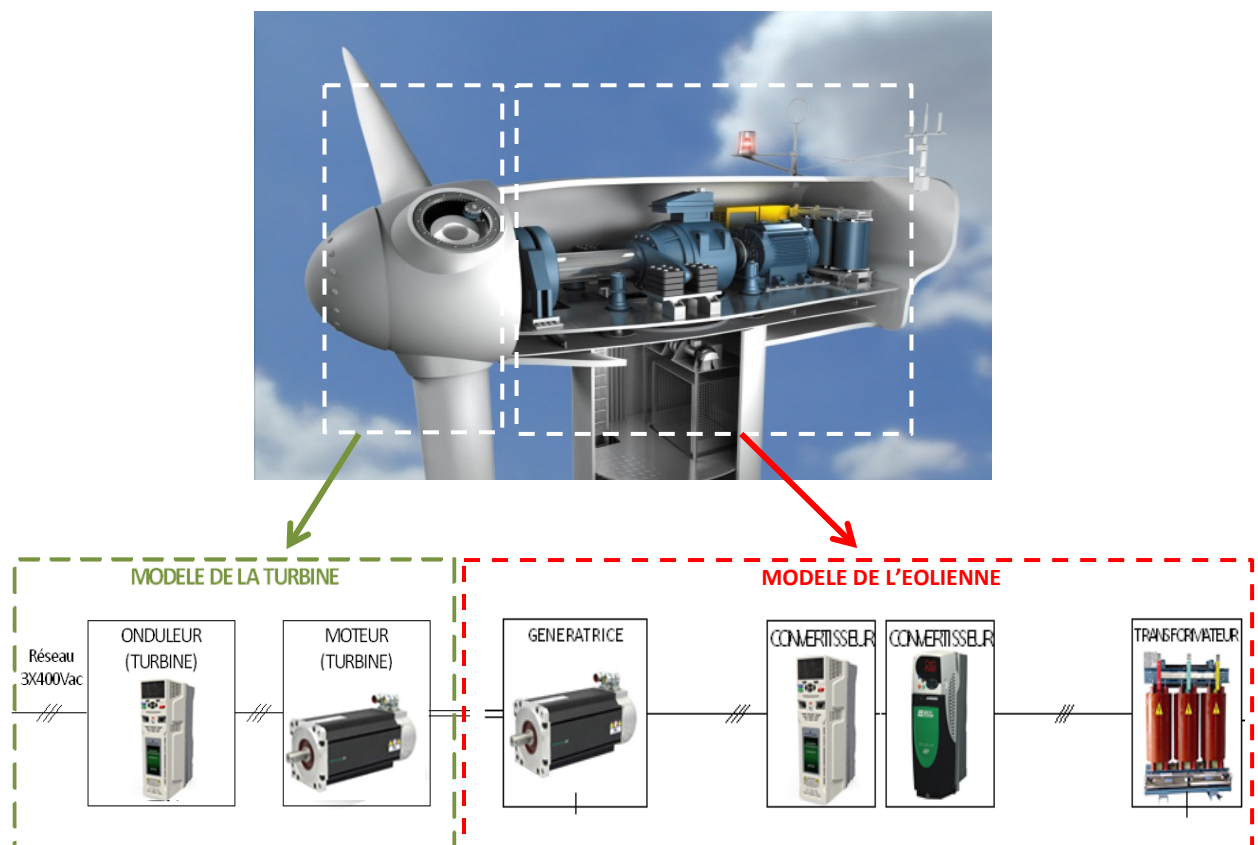


Figure 1 : Principe de modélisation d'une éolienne

1.1 ORGANISATION DU TRAVAIL

La première partie introduit l'état de l'art des aérogénérateurs, les avantages et inconvénients de ce type de source d'énergie, les différentes structures existantes et la situation de l'énergie éolienne en Suisse.

La deuxième partie décrit de façon plus concrète les spécifications adoptées pour atteindre les objectifs du projet.

La troisième partie est consacrée à la modélisation de la turbine d'éolienne moderne afin de retrouver les caractéristiques *"puissance en fonction du vent"* et *"puissance en fonction de la vitesse de la génératrice"* pour ensuite dresser les caractéristiques du modèle d'éolienne. Cette partie décrit également la méthodologie de contrôle adéquate du modèle d'éolienne qui consiste à maximiser la puissance captée du vent appelée MPPT pour les vents de faibles vitesse et, pour des vents fort, à utiliser le calage variable des pales appelé PITCH CONTROL

La quatrième partie porte sur la conception et la schématique du tableau électrique ainsi que sur le câblage et la sécurité électrique. Une analyse de prix de la partie électrique conclut cette partie.

La cinquième partie porte sur la conception des plans mécaniques et la réalisation/assemblage du modèle d'éolienne. Une analyse de prix de la partie mécanique est également dressée.

La sixième partie décrit les différentes configurations des convertisseurs de puissances et leur mise en service. Les problèmes rencontrés lors de la mise en service du système avec leurs résolutions sont aussi expliqués.

La septième partie décrit le type d'acquisition de données choisi pour le projet (API, carte d'acquisition et analyse de prix).

La programmation ainsi que la conception basique de l'interface homme-machine est réalisée dans la huitième partie.

Afin de valider le modèle d'éolienne, des essais et des mesures sont effectués. Le but de ces essais est de vérifier si le comportement du modèle d'éolienne correspond au comportement d'une vraie éolienne.

Une démonstration de la maquette fonctionnant à un point de travail donné clôt le projet.

Le projet s'est déroulé selon le planning des tâches mis en annexe N°1.

2. ETAT DE L'ART

2.1 LES AEROGENERATEURS

Un aérogénérateur, ou éolienne, est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur l'arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice. Un aérogénérateur est constitué de plusieurs éléments tels que représentés sur la figure suivante :

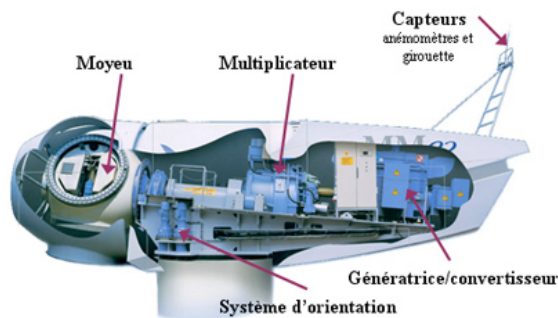


Figure 2 : Eléments constituant une éolienne

Un mat supporte la turbine et la nacelle qui contient la plupart des éléments mécaniques et électriques d'une éolienne, tel que le rotor, le multiplicateur, qui comporte un arbre lent (5 à 20 tr/min) et un arbre à grande vitesse (1'000 à 2'000 tr/min), la génératrice et le convertisseur AC/DC. L'énergie produite par la génératrice est transmise par l'intermédiaire d'un bus DC à l'intérieur du mât, puis transformée par un convertisseur DC/AC afin d'être injectée sur le réseau de distribution.

Les éoliennes se divisent en deux grands groupes selon l'axe sur lequel est montée la turbine :

- Eolienne à axe vertical (Darrieus, Savonius) ;
- Eolienne à axe horizontal.

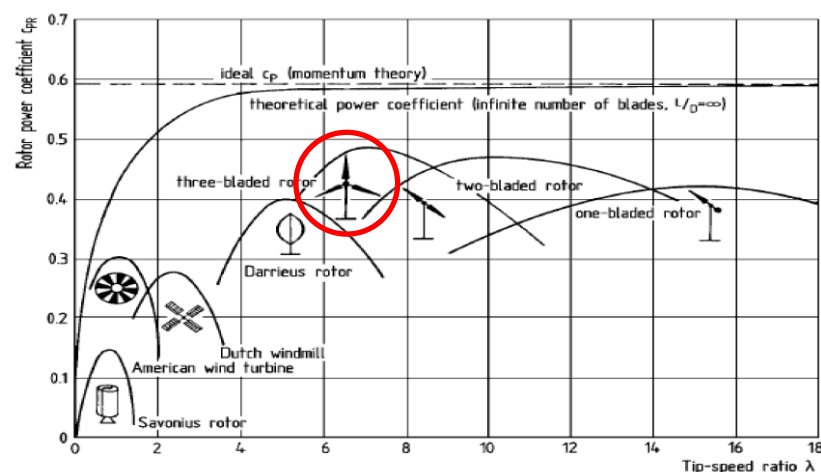


Figure 3 : Classification des différents types d'éoliennes selon le coefficient de puissance.

Les éoliennes les plus utilisées sont les éoliennes à axe horizontale tripales car elles ont besoin d'une faible vitesse d'amorçage, possèdent un coefficient de puissance plus élevé que les autres types d'éoliennes, sont plus stables et captent une quantité d'énergie éolienne plus importante. Toutefois, les machines électriques doivent être installées en haut du mât, ce qui pose des problèmes mécaniques et économiques.

2.2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable contrairement aux énergies fossiles. Elle n'a aucuns impacts néfastes sur l'environnement, ne produit pas de CO^2 (excepté lors de la construction, transport et recyclage de l'aérogénérateur), ni de déchets toxiques.

Outre le bruit, l'impact visuel, le coût encore relativement supérieur aux autres sources d'énergie et l'impact sur la faune, le développement de la production décentralisée amène aussi de nombreux problèmes sur les réseaux électriques, non conçus à la base pour les accueillir. Ces problèmes vont conduire à l'avenir à une restructuration des réseaux d'énergie et de leur gestion. La difficulté majeure associée aux sources d'énergie décentralisées est que leur production est difficilement prévisible et très fluctuante.

2.3 TOPOLOGIES

Les éoliennes modernes peuvent être classées selon trois configurations :

1. Eoliennes à vitesse fixe directement couplées au réseau ou par l'intermédiaire d'un transformateur, généralement basées sur une génératrice asynchrone à cage.

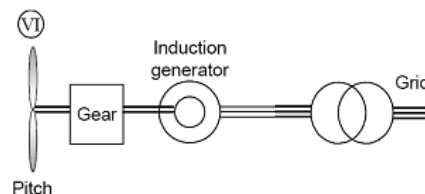


Figure 4 : Schéma de principe d'un entraînement à vitesse fixe (MAS)

2. Eolienne à vitesse variable basée sur une génératrice asynchrone à rotor bobinée, commandée par le rotor au moyen de convertisseur statique (MADA).

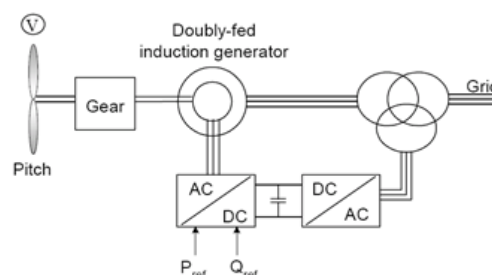


Figure 5 : Schéma de principe d'un entraînement à vitesse variable (MADA)

3. Éolienne à vitesse variable commandées par le stator au moyen de convertisseurs de puissance. Ces éoliennes sont généralement équipées de machine synchrone à rotor bobiné ou à aimants permanents.

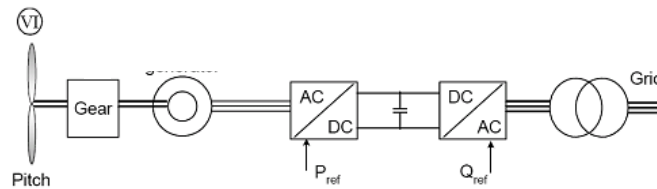


Figure 6 : Structure basée sur une machine synchrone à rotor bobiné

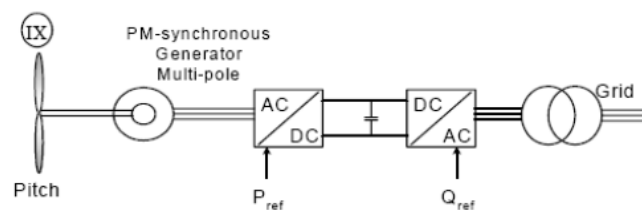


Figure 7 : Structure basée sur une machine synchrone à aimants permanents (MSAP)

Les éoliennes de dernière génération fonctionnent à vitesse variable. Ce type de fonctionnement permet d'augmenter le rendement énergétique, de baisser les charges mécaniques et d'améliorer la qualité de l'énergie électrique produite, par rapport aux éoliennes à vitesse fixe. Les structures les plus courantes dans les aérogénérateurs sont les topologies MADA et MSAP.

La structure MADA présente beaucoup d'avantages, tels qu'une puissance extraite optimisée pour des vents faibles et moyens, une électronique de puissance dimensionnée à 30 % de la puissance nominale, ce qui implique un coût de construction réduit, la possibilité d'utiliser des machines standards et une gestion plus simple de la connexion de la machine (stator connecté au réseau et rotor connecté aux convertisseurs de puissance). Cependant, on observe aussi quelques inconvénients, tels que la nécessité de la maintenance de la boîte à vitesse et le contrôle complexe de la commande.

La structure MSAP présente aussi beaucoup d'avantages, tels qu'une variation de vitesse de 0% à 100% de la vitesse nominale de rotation, une souplesse de contrôle, un découplage presque total entre le réseau et la machine synchrone, qui permet à la machine de ne pas être perturbée par le réseau et vis-versa, l'optimisation de la production grâce à une grande plage de vitesse et la gestion possible de la puissance réactive, même lorsque la machine est à l'arrêt. Cependant le gros désavantage de cette structure est son coût relativement élevé dû aux aimants permanents.

Pour ce projet, le choix de la topologie à modéliser s'est porté sur une éolienne à vitesse variable basée sur une génératrice synchrone à aimants permanents (MSAP).

Ce choix est justifié par l'intérêt que la recherche consacre à ce type de structure vu qu'elle est décrite comme étant l'éolienne de l'avenir. En effet, le développement actuel dans le domaine des matériaux magnétiques fait en sorte que l'inconvénient majeur de cette structure, à savoir le prix des aimants permanents, soit de moins en moins un obstacle pour construire ces éoliennes.

2.4 SITUATION EN SUISSE

Dans notre pays, les énergies renouvelables accusent un retard considérable par rapport aux autres nations voisines, en particulier par rapport à l'Allemagne et l'Espagne. En effet la Suisse a une capacité globale cumulée de 46 MW en 2011 face au 29'060 MW de l'Allemagne.

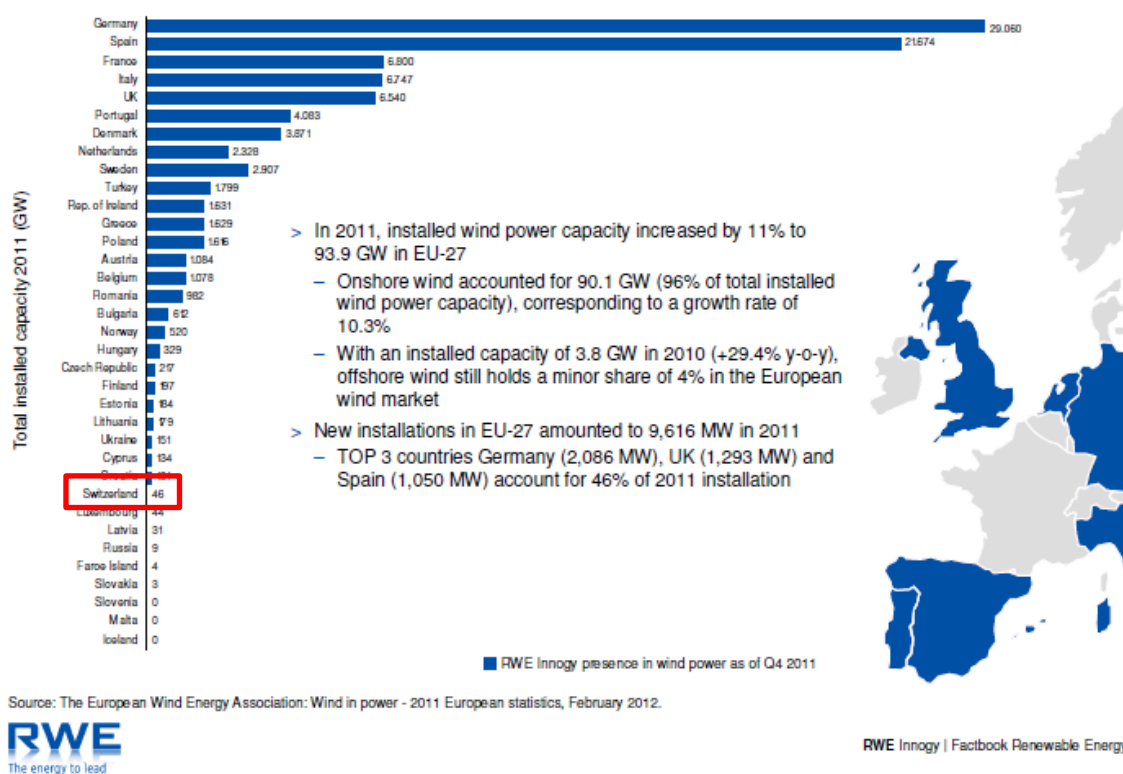


Figure 8 : Energie éolienne en Europe

La production¹ annuelle estimée d'après la puissance installée en 2011 est de 80.68 GWh, soit la consommation de 25'600 ménages. Cependant, l'évolution de l'éolien sera, dans le futur, un pilier sur lequel s'appuiera l'approvisionnement énergétique de la Suisse. En effet, selon les projections de Suisse Eole, la production nationale atteindra 2 TWh en 2020 et 6 TWh en 2035, soit la consommation de 1'904'700 ménages, ce qui représente environ le quart de la consommation annuelle suisse en électricité.

¹ Il s'agit de la production de toutes les éoliennes existantes pendant un an calculée d'après la vitesse moyenne annuelle du vent. Ce chiffre comprend la production potentielle des installations mises en service en cours d'année.

3. SPECIFICATIONS

3.1 INTRODUCTION

Dans le cadre de ce projet, l'intérêt se porte particulièrement sur La fonction de *"la puissance mécanique en fonction du vent"* et la fonction de *"la puissance électrique en fonction de la vitesse de rotation de la génératrice"*, afin de simuler au mieux le comportement de la turbine d'une vraie éolienne. Ce chapitre décrit de façon plus concrète les spécifications du modèle d'éolienne qui sont adoptées pour atteindre les objectifs du projet.

3.2 SPECIFICATIONS

3.2.1 MODELISATION DE L'EOLIENNE

Le modèle d'éolienne est constitué d'une génératrice, d'un redresseur et d'un onduleur pour la réinjection sur le réseau.

Le modèle d'éolienne doit :

- modéliser une éolienne représentative du marché actuel à l'échelle 1 :5000 ;
- se baser sur une topologie à vitesse variable de type MSAP ;
- fournir une puissance dans une plage de 0.9 kW à 1.0 kW ;
- avoir une vitesse nominale de rotation de la génératrice de 2'000 [tr/min].

La plage de vitesse de la turbine doit correspondre à celle d'une grande éolienne, soit de 5 à 20 tr/min. Sachant qu'un réducteur avec un rapport de réduction 1 :100 est cher et volumineux, il a été décidé de limiter la vitesse de la génératrice à une valeur d'environ 2'000 tr/min.

- être réalisé avec des éléments choisis de telle sorte de garantir une uniformité du matériel au sein du laboratoire (Emerson, ABB, Maxon, Val Electric, etc.)

3.2.2 MODELISATION DE LA TURBINE

La turbine de l'éolienne soumise à l'effet du vent est modélisée par un moteur commandé par une électronique de puissance. Le moteur joue le rôle de l'hélice qui tourne sous l'influence de l'électronique de puissance, à laquelle une référence de couple ou de vitesse est donnée. Le moteur est dimensionné de façon à entraîner la génératrice.

3.2.3 ALIMENTATION

L'alimentation du modèle d'éolienne s'effectue par l'intermédiaire d'un tableau électrique 3x400VAC.

La séparation galvanique du modèle d'éolienne doit être prévue par l'intermédiaire d'un transformateur 1:1.

3.2.4 ACQUISITION DES DONNEES

Les données intéressantes à relever sur le modèle d'éolienne sont les suivantes :

- Puissance consommée sur le réseau ;
- Courant, tension et puissance fournie par la génératrice ;
- Courant, tension et puissance fournie au réseau ;
- Tension du bus DC ;
- Rendement du système.

Ces données doivent être affichées dans une fenêtre que l'opérateur peut visualiser en tout temps sur l'interface de commande, sur un ordinateur.

3.2.5 INTERFACE HOMME-MACHINE

L'interface Homme-Machine est effectuée avec Labview de National Instrument.

L'interface Homme-Machine doit permettre de piloter et de visualiser de manière conviviale et interactive l'ensemble des informations nécessaires à la commande et au fonctionnement de l'installation. Le pilotage du modèle d'éolienne et la consultation des données ne doivent pas nécessiter des compétences particulières.

Deux modes de fonctionnement sont à prévoir :

MODE DEMONSTRATION

Paramètres à programmer :

- Vitesse du vent
- Rugosité de l'air
- Vitesse de la génératrice

Paramètres à observer :

- Puissance électrique produite
- Vitesse de la turbine
- Rendement du système
- Graphique de la caractéristique *puissance/vitesse du vent* du modèle d'éolienne

MODE TP

Paramètres à programmer :

- Vitesse du vent
- Rugosité de l'air
- Vitesse de la génératrice
- Régulation de la génératrice
- Paramètre de réinjection ($\cos \phi$, Puissance active, Puissance réactive)

Paramètres à observer :

- Puissance électrique produite
- Vitesse de la turbine
- Rendement du système
- Graphique de la caractéristique *puissance/vitesse du vent* du modèle d'éolienne
- Graphique de la caractéristique *puissance/vitesse de la génératrice* du modèle d'éolienne

3.2.6 SURVEILLANCE ET SECURITE

Pour un modèle d'éolienne sûr et fonctionnel, les éléments suivants sont à prévoir :

- alarme ou mise en sécurité des convertisseurs visibles sur l'IHM ;
- arrêt de la maquette en cas d'alarme sur les convertisseurs ;
- un interrupteur principal et un bouton d'arrêt d'urgence sur l'installation électrique ;
- un affichage en temps réel du fonctionnement des convertisseurs du modèle d'éolienne ;
- des dispositifs de protection des parties électriques sous tension et des parties mécaniques en rotation.

4. MODELISATION DE LA TURBINE

4.1 INTRODUCTION

Une éolienne a le rôle de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Ses différents éléments sont conçus pour maximiser cette conversion énergétique et, d'une manière générale, une bonne adéquation entre les caractéristiques couple/vitesse de la turbine et de la génératrice électrique est indispensable. Pour parvenir à cet objectif, idéalement, une éolienne doit comporter :

- Un système qui permet de la contrôler mécaniquement (orientation des pâles de l'éolienne, orientation de la nacelle, frein d'urgence) ;
- Un système qui permet de la contrôler électriquement (Machine électrique associée à l'électronique de commande).

Cette partie introduit les différentes caractéristiques d'une éolienne à partir desquelles est expliquée la méthodologie de commande des éoliennes. Ensuite les paramètres caractéristiques ($C_{p_{opt}}$ et β) du type d'éolienne choisi sont recherchés. Enfin les courbes caractéristiques ("*puissance mécanique en fonction du vent*" et "*la puissance électrique en fonction de la vitesse de rotation de la génératrice*") du modèle d'éolienne sont créées tout en respectant un rapport d'échelle 1 :5000 par rapport à la vraie éolienne.

4.2 CARACTERISTIQUES D'UNE EOLIENNE

La caractéristique d'une éolienne à vitesse variable est résumée ci-dessous :

- Puissance mécanique en fonction de la vitesse du vent (Figure 9)
- Puissance électrique en fonction de la vitesse de rotation de la génératrice et de la vitesse de vent (Figure 12)

4.2.1 CARACTERISTIQUE PUISSANCE – VITESSE DU VENT

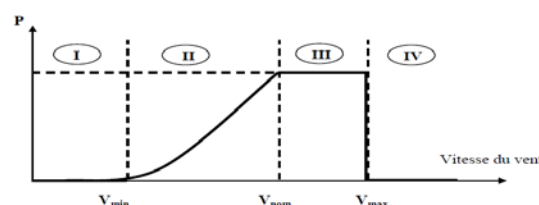


Figure 9 : Caractéristique puissance - vitesse du vent

Sur la Figure 9, on remarque quatre zones :

- Le vent n'est pas suffisant pour faire fonctionner la turbine ;
- La puissance dépend de la vitesse du vent et de la vitesse imposée à la génératrice ;
- La puissance fournie reste égale à la puissance nominale par régulation de la vitesse de la génératrice ;
- La vitesse du vent est trop grande et il faut arrêter l'éolienne.

L'objectif de la commande en fonction de la vitesse du vent est : d'une part de protéger l'éolienne par vent fort en mettant les pâles en drapeau ($\beta > \text{angle de décrochage}$) et d'autre part rechercher la puissance maximal pour une vitesse de vent donnée. En effet, la turbine éolienne est dimensionnée pour fournir une puissance nominale à une vitesse nominale. Au-delà de cette vitesse, les paramètres de la turbine doivent évoluer afin de toujours fournir la puissance nominale et de ne pas tourner au-delà de la vitesse maximale, ce qui pourrait endommager la turbine.

Pour cela, on doit pouvoir jouer sur les paramètres aérodynamiques des pâles pour contrôler la vitesse de rotation ainsi que la puissance soutirée au vent.

La figure ci-dessous introduit l'angle d'attaque (α), de calage (β) ainsi que la vitesse relative V_a .

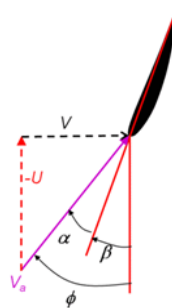


Figure 10 : Vitesse exercée sur un profil d'une éolienne avec dénomination des angles

Dans le cas de vents importants, le rotor peut être soumis à des forces mécaniques qui peuvent dépasser les contraintes admissibles. En outre, la puissance fournie par le rotor est limitée par la puissance maximale de la génératrice. Dans le cas de fonctionnement normal, on doit pouvoir fonctionner à la vitesse de rotation souhaitée.

Il y a deux manières possibles pour faire varier la force aérodynamique sur le rotor d'une éolienne :

1. Changer l'angle de calage ;
2. Diminuer la surface au vent balayée par l'éolienne.

La deuxième solution s'obtient en décalant le rotor par rapport à la direction du vent (selon un axe vertical pour un décalage gauche-droite). Dans ce projet, on utilise la première solution basée sur l'angle de calage. Celui-ci peut être modifié en faisant pivoter la pale le long de son axe.



Figure 11 : Représentation schématique de la variation de l'angle de calage des pâles d'une éolienne.

4.2.2 CARACTERISTIQUE PUISSANCE – VITESSE DE ROTATION DE LA GENERATRICE

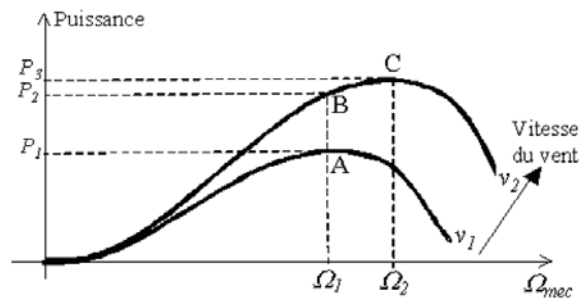


Figure 12 : Caractéristique puissance - vitesse de rotation

Pour une vitesse du vent v_1 et une vitesse mécanique de la génératrice Ω_1 , on obtient une puissance nominale P_1 (point A). Si la vitesse du vent augmente à v_2 , la vitesse de la génératrice va changer de courbe caractéristiques pour trouver le point de puissance P_2 (point B). Ce changement de caractéristique s'obtient en faisant varier l'angle de calage des pâles de l'éolienne. Un fonctionnement idéal du système éolien nécessite un suivi parfait de cette caractéristique afin de s'approcher du point optimal de puissance P_3 (point C). La stratégie de commande consiste à contrôler la vitesse mécanique de la génératrice de manière à maximiser la puissance électrique générée.

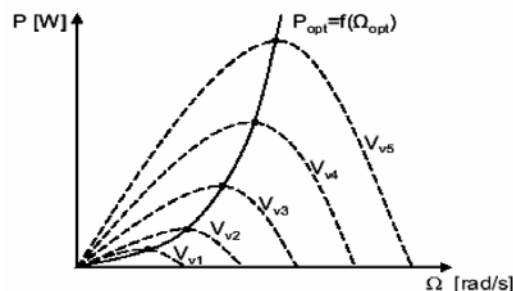


Figure 13 : Caractéristique de la puissance optimale

Pour chaque vitesse du vent, le système doit trouver la puissance maximale ce qui équivaut à la recherche de la vitesse de rotation optimale. L'ensemble des sommets de ces caractéristiques définit la courbe P_{opt} représentant la puissance optimale produite par la génératrice et définie par l'équation :

$$P_{opt} = \frac{1}{2} C_p(\lambda_{opt}) \rho S V_v^3$$

Pour cela, il est nécessaire de connaître la caractéristique $C_p = f(\lambda)$ (présentée au point suivant) afin de pouvoir définir les vitesses optimales de rotation de la génératrice en fonction de la vitesse du vent pour ainsi obtenir les puissances optimales. Une telle caractéristique permet de simplifier considérablement l'algorithme de la recherche de la puissance maximale. Lorsque la caractéristique C_p est connue, il suffit de rechercher le point de puissance optimal à l'aide d'un MPPT (Maximum Power Point Tracking) et de suivre la courbe optimale de puissance pour que l'éolienne soit dans les conditions optimales.

4.2.3 CARACTERISTIQUE $C_p = f(\lambda)$

Pour contrôler la force appliquée sur les pâles et ainsi modifier la puissance, on peut augmenter l'angle de calage ou le réduire ("pitch control").

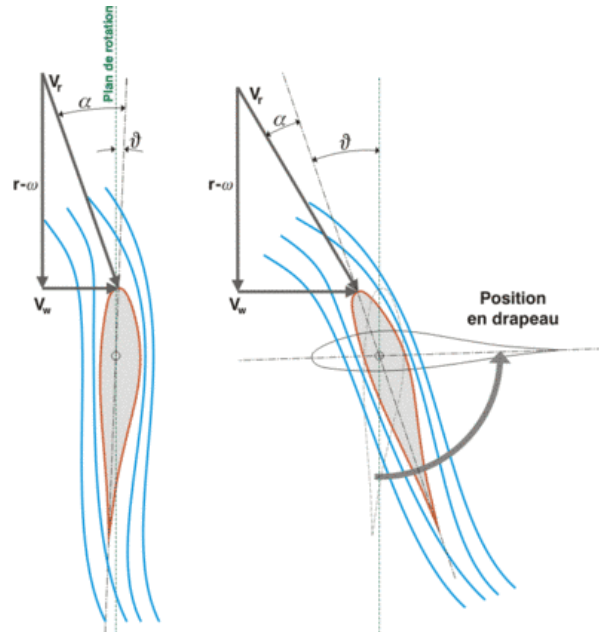


Figure 14 : Illustration de la variation de la force aérodynamique : diminution par réduction de l'angle de calage (centre).

Afin de déduire la vitesse de rotation de la génératrice pour une vitesse de vent donnée en fonction de la caractéristique de puissance, la caractéristique du coefficient de puissance doit être trouvée. Pour connaître cette caractéristique, le constructeur d'éolienne doit effectuer des essais de caractérisation (en soufflerie) ou des simulations du profil de pale. Chaque caractéristique est différente d'un constructeur à l'autre et d'une éolienne à une autre. N'ayant pas pu recevoir la caractéristique C_p de l'éolienne type, une formule tirée d'un travail de mémoire [Bouhedda Ali, mémoire de magister en électrotechnique, 2011] est choisi pour la modélisation.

Le coefficient de puissance utilisé dans la modélisation est donné par la formule suivante :

$$C_p = C_1 \cdot (C_2 - C_3 \cdot \beta - C_4 \cdot \beta - C_5) \cdot e^{-C_6(\lambda_i)}$$

Tel que : $C_1 = 0.5$; $C_2 = \frac{150}{\lambda_i}$; $C_3 = 0.4$; $C_4 = 0$; $C_5 = 5$; $C_6 = \frac{21}{\lambda_i}$

Et : $\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08 \cdot \beta} \cdot \frac{0.035}{\beta^3 + 1}$

$$\lambda = \frac{\Omega_{turbine} \cdot R}{V_{vent}}$$

Où λ est la vitesse spécifique et β l'angle de calage des pâles.

La figure suivante présente les courbes du C_p en fonction de la vitesse spécifique avec des angles de calage différents pour une vitesse du vent de 13 m/s. On remarque qu'avec l'augmentation de l'angle de calage, la vitesse spécifique et le coefficient de puissance diminuent considérablement. L'angle de calage de l'éolienne peut varier en générale de 2° (angle de calage optimal) à 30° (limite de décrochage théorique).

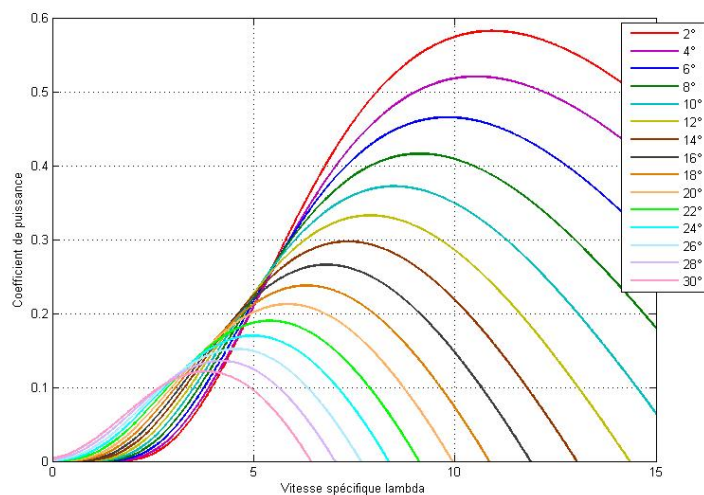


Figure 15 : Graphique du C_p en fonction de λ pour différents angles de calage.

4.3 L'ÉOLIENNE TYPE

Le type d'éolienne sur lequel se base le modèle doit être :

- moderne et récent ;
- à vitesse variable ;
- de topologie MSAP ;
- selon les spécifications, le modèle d'éolienne doit fournir une puissance comprise dans une plage de puissance de 0.9 [kW] à 1.0 kW, c'est-à-dire que le type d'éolienne doit avoir une puissance comprise dans la plage de 4 MW à 5 MW.

La G128-4.5MW de GAMESA remplit parfaitement les conditions citées ci-dessus. Cette éolienne est l'une des plus puissantes de type On-Shore, avec une puissance nominale 4.5MW.

4.3.1 DONNEES CONSTRUCTEUR

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de la G128 – 4.5MW, fournis par GAMESA.

Rotor	Pâles	Tour	Réducteur	Générateur	P_{nom}	V_{nom}
Ø 128m	62.5m de long	81, 120, 140m de hauteur	Planétaire 1 :37.88	Synchrone à aimants permanents	4.5 MW	448 rpm

Tableau 1 : Caractéristique de la G128 - 4.5MW

La caractéristique “puissance en fonction de la vitesse du vent”, représentée sur l’image ci-dessous est aussi fournie par le constructeur de cette éolienne.

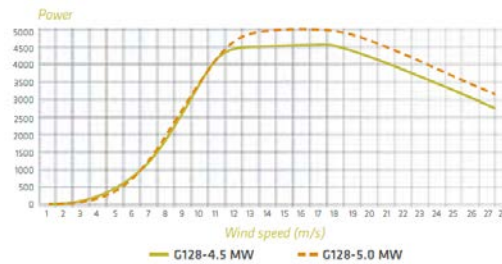


Figure 16 : Caractéristique puissance/vitesse de la G128

Tous les renseignements concernant cette éolienne se trouvent en annexe N°2.

4.3.2 METHODE DE RECHERCHE DU C_p ET β DE LA G128

Pour simplifier la modélisation, la caractéristique de la G128 est simplifiée selon les hypothèses suivantes :

- Vitesse du vent minimal : 3 m/s ;
- Vitesse du vent nominale : 13 m/s ;
- Vitesse du vent maximale : 17 m/s

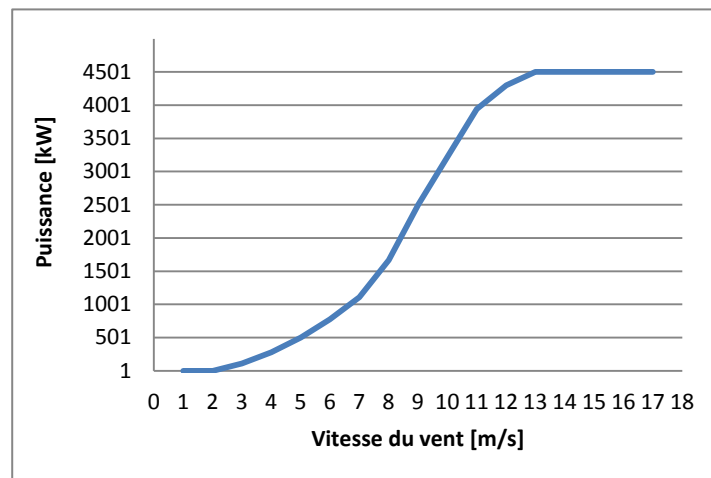


Figure 17 : Graphique de la G128 simplifié

La puissance mécanique disponible sur l’arbre d’un aérogénérateur s’exprime comme suit :

$$P_{max} = \frac{1}{2} \cdot C_p(\beta, \lambda) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot V_{vent}^3$$

Cette relation permet de rechercher le coefficient de puissance optimal pour chaque vitesse du vent. Puis l’angle de calage optimal des pâles nécessaire pour obtenir le $C_{p_{opt}}$ est déduit. La puissance optimale est donnée dans la caractéristique “puissance en fonction de la vitesse du vent” de la G128.

Le coefficient de puissance optimal et l’angle de calage optimal, calculés à partir de la puissance fournie en fonction du vent, se retrouvent dans le tableau ci-dessous :

Vitesse du vent	Puissance génératrice max	Coefficient Cp trouvé	Angle de calage
1	0.00	0.0000	0.0
2	0.00	0.0000	0.0
3	110.00	0.5363	3.5
4	278.00	0.5833	2.0
5	500.00	0.5363	3.5
6	778.00	0.4795	5.5
7	1110.00	0.4287	7.5
8	1667.00	0.4287	7.5
9	2500.00	0.4534	6.5
10	3220.00	0.4287	7.5
11	3945.00	0.3830	9.5
12	4300.00	0.3332	12.0
13	4500.00	0.2738	15.5
14	4500.00	0.2189	19.5
15	4500.00	0.1780	23.2
16	4500.00	0.1471	26.4
17	4500.00	0.1223	29.9
[m/s]	[kW]		

Figure 18 : Détermination du $C_{p_{opt}}$ et de l'angle de calage β_{opt}

Avec le script Matlab mis en annexe N°3, Les paramètres telles que l'angle de calage selon la vitesse du vent et le coefficient de puissance C_p sont contrôlés en comparant la caractéristique "puissance en fonction de la vitesse du vent" entre le résultat Matlab et le graphique simplifié de la G128.

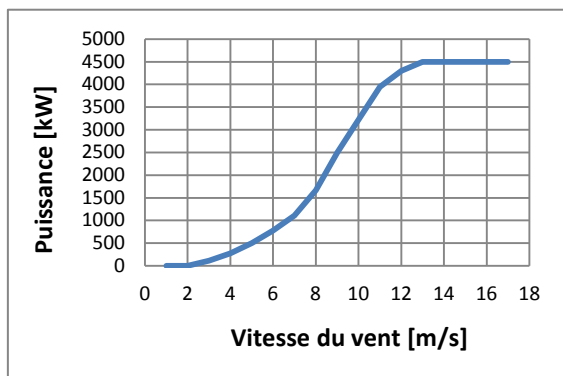


Figure 19 : Caractéristiques de la G128

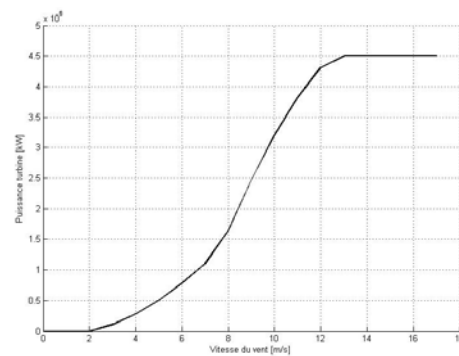


Figure 20 : Caractéristiques générée par Matlab

Après validation des paramètres de l'angle de calage et du C_p , la caractéristique "puissance en fonction de la vitesse de la génératrice" est effectuée.

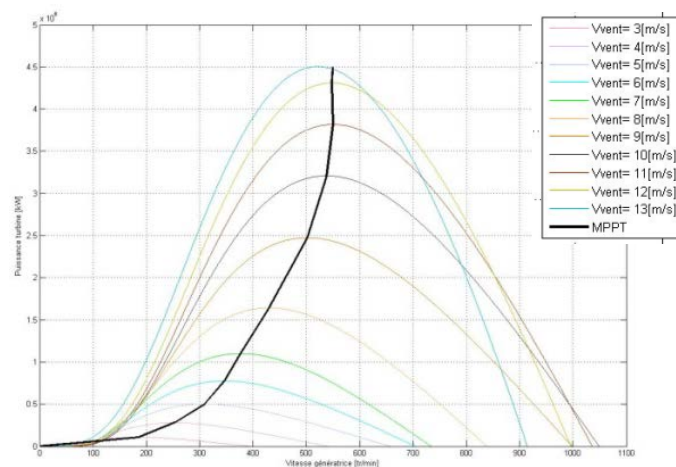


Figure 21 : Caractéristique puissance/vitesse génératrice du prototype

De là, on remarque que la vitesse nominale de la génératrice calculée par Matlab est plus élevée que la vitesse nominale de la génératrice donnée par le fournisseur, soit environ 550 tr/min selon Matlab contre 448 tr/min selon le fournisseur. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la formule du C_p est une formule générique et non spécifique au type d'éolienne choisie.

4.4 LE MODELE D'EOLIEENNE

Le modèle d'éolienne se base sur l'éolienne G128 – 4.5 MW à l'échelle 1 :5000. Il est admis que le coefficient de puissance du modèle est identique au coefficient de puissance de la G128. Donc comme la puissance produite est 5000 fois plus petite que le prototype et que le C_p est identique, la longueur théorique des pâles du modèle d'éolienne est réduite d'un facteur correspondant à la racine carrée de 5000.

Avec ces hypothèses, les caractéristiques du modèle d'éolienne sont retrouvées et visualisées sur les figures suivantes :

Puissance génératrice max	Coefficient C_p max
0.000	0.000
0.000	0.000
0.022	0.544
0.056	0.580
0.100	0.534
0.156	0.481
0.222	0.432
0.333	0.435
0.500	0.458
0.644	0.430
0.789	0.396
0.860	0.332
0.900	0.274
0.900	0.219
0.900	0.178
0.900	0.147
0.900	0.122
[kW]	

Figure 22 : Détermination de la puissance optimale en fonction du $C_{p_{opt}}$

Avec le script Matlab annexe N°4, les courbes caractéristiques du modèle d'éolienne sont réalisées.

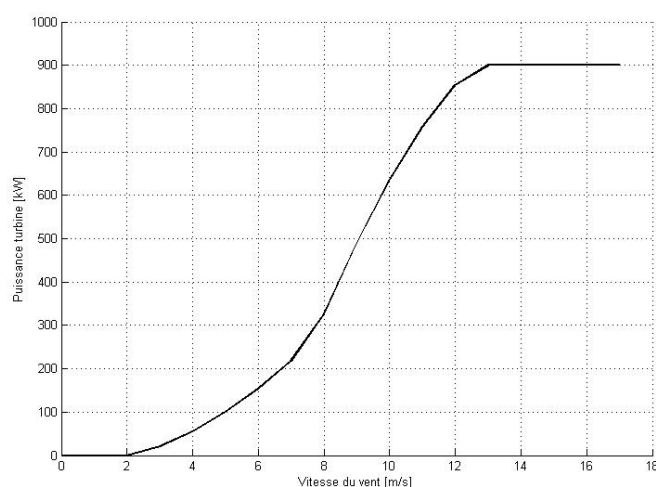


Figure 23 : Caractéristique puissance en fonction de la vitesse du vent

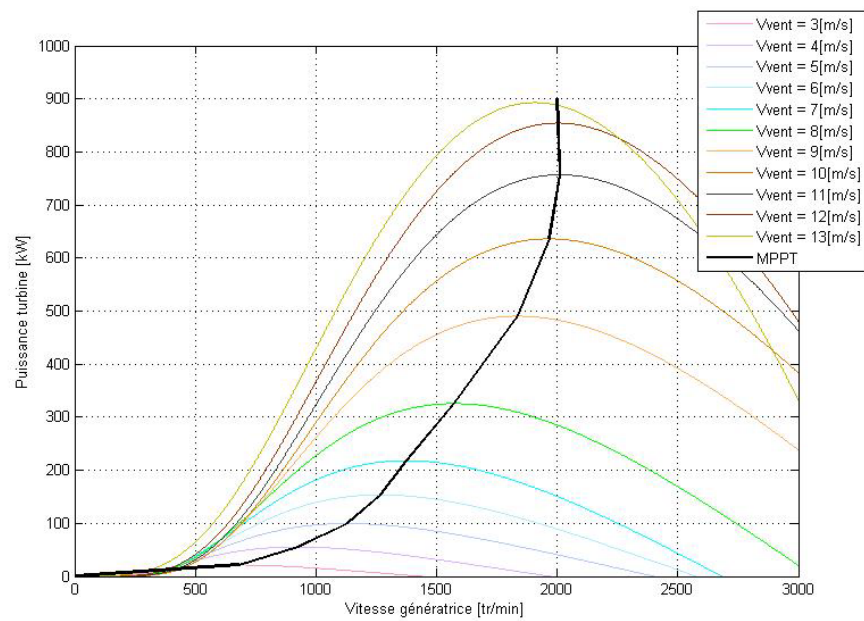


Figure 24 : Caractéristiques puissance en fonction de la vitesse de la génératrice

Ces courbes vont servir de référence lors de la simulation du modèle d'éolienne. En effet, le point de fonctionnement à tout moment du modèle d'éolienne, en fonction de la vitesse du vent, doit se situer proche de la courbe MPPT qui correspond à la courbe de la puissance optimale.

5. CONCEPTION ELECTRIQUE

5.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente la partie électrique du modèle d'éolienne, en commençant par le choix des machines électrique et des convertisseurs, l'élaboration des schémas électrique et enfin la conception du tableau électrique.

Afin de garantir une uniformité du matériel au sein du laboratoire du GRIDLAB, La génératrice, le redresseur et l'onduleur sont fournis par EMERSON – Control Technique. Le convertisseur connecté au stator de la machine contrôle le couple ou/et la vitesse de rotation. Le convertisseur connecté côté réseau assure le transfert de puissance entre la génératrice et le réseau ainsi que l'échange de puissance réactive avec ce dernier.

5.2 CHOIX DES MACHINES ELECTRIQUES

Selon les spécifications, la génératrice doit pouvoir fournir une puissance nominale de 0.9 kW à une vitesse de 2'000 tr/min.

Après avoir pris contacts avec Monsieur P. Berthollet, Directeur Lausanne Application Centre de Control Technique SA, la génératrice synchrone à aimant permanent UNIMotor fm 115U2B300 nous est proposée. (ANNEXE N°6)



Figure 25 : la génératrice [Source : EMERSON]

Moteur	Tension	Couple nominal	Puissance nominal	Courant au calage	Résistance	Inductance
	[VAC]	[Nm]	[kW]	[A]	[Ω]	[mH]
Unimotor fm 115U2B300VACAA11590	400	5.12	1.61	3.91	3.86	21.57

Tableau 2 : Caractéristiques nominales de la génératrice

Selon les spécifiques, le moteur doit entraîner la génératrice par l'intermédiaire d'une transmission de puissance. C'est pour cela que la machine du moteur d'entraînement est choisie à l'identique de celle de la génératrice.

5.3 CHOIX DES CONVERTISSEURS

5.3.1 CONVERTISSEUR DE FREQUENCE

Le contrôle de la génératrice s'effectue par l'intermédiaire d'un variateur de fréquence UNIDRIVE SP 1403, proposé par Control Technique. Ce variateur de fréquence permet de fonctionner dans plusieurs modes paramétrables, dont le contrôle vectoriel en boucle fermée des Servomoteur, prenant en charge un large éventail de capteur (commande de vitesse, couple et position). La fiche technique est mise en annexe N°5.

Convertisseur	Entrée 3ph [A]	Dimension des câbles [mm ²]	Surcharge faible			Surcharge forte		
			[A]	[kW]	[hp]	[A]	[kW]	[hp]
SP 1403	7.4	1.0	5.0	2.2	3.0	4.2	1.5	3.0

Tableau 3 : Caractéristiques nominales des convertisseurs de fréquence

5.3.2 CONVERTISSEUR REGENERATIF

La puissance produite par la génératrice est injectée dans le réseau par l'intermédiaire d'un convertisseur en mode REGEN. Le convertisseur UNIDRIVE SP 1406, proposé par Control Technique, possède un mode de fonctionnement régénératif, c'est-à-dire qu'il permet un flux de puissance dans les deux sens : Génératrice -> réseau ou réseau -> génératrice. Le système produit un niveau réduit d'harmonique avec un facteur de puissance contrôlable. La fiche technique est mise en annexe N°5.

Convertisseur	Entrée 3ph [A]	Dimension des câbles [mm ²]	Surcharge faible			Surcharge forte		
			[A]	[kW]	[hp]	[A]	[kW]	[hp]
SP 1406	13.4	1.5	11	5.5	7.5	9.5	4.0	5.0

Tableau 4 : Caractéristiques nominales du convertisseur Regen

5.4 SCHEMA

5.4.1 SCHEMA BLOC

Le schéma bloc permet de représenter par un graphique simplifié le procédé du modèle d'éolienne.

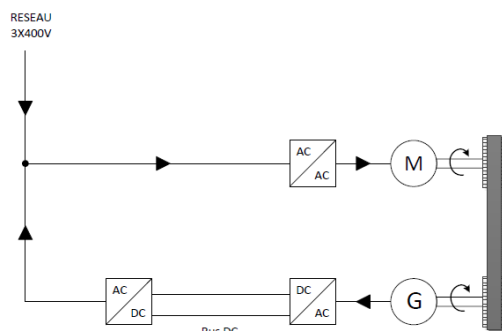


Figure 26 : Schéma bloc du système

Le flux de puissance passe du réseau au premier convertisseur qui contrôle le moteur. Ce dernier entraîne la génératrice par l'intermédiaire d'une transmission par courroie. La génératrice, quant à elle, est contrôlée par le second convertisseur. Le second convertisseur transmet l'énergie produite de la génératrice sur le bus DC jusqu'au convertisseur REGEN qui permet la réinjection sur le réseau.

Afin de mieux visualiser le système, le schéma de principe suivant est réalisé.

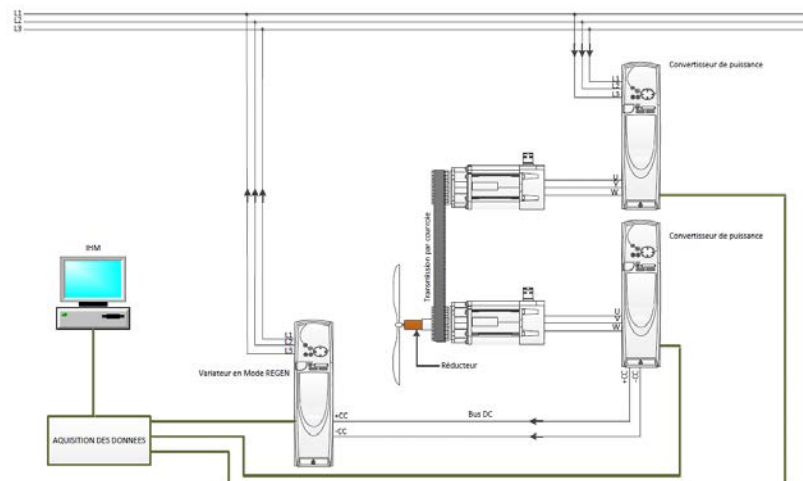


Figure 27: Schéma de principe du système (ANNEXE N°7)

5.4.2 CONCEPTION

Trois modules Emerson sont montés à l'intérieur du rack. Un premier SP 1403 permet d'assurer en mode DRIVE le moteur « entraineur ». Les deux seconds modules, le SP 1403 côté moteur « entraîné » et le SP 1406 côté réseau sont reliés entre eux par un bus DC. Ce montage permet d'assurer le fonctionnement en mode DRIVE et en mode REGEN (réinjection sur le réseau).

La puissance nominale des convertisseurs en mode DRIVE est de 1.5 kW pour un courant de 4.2 A. La puissance nominale du convertisseur en mode REGEN est de 4 kW pour un courant de 9.5 A. Le câblage interne est prévu pour cette plage de fonctionnement avec une section de 1.5 mm². Le câblage des commandes des convertisseurs est réalisé avec une section de 1 mm².

L'alimentation AC appliquée aux variateurs doit être dotée d'un dispositif de protection approprié contre les surcharges et les courts-circuits. Un fusible ou/et un autre circuit de protection, tel qu'un disjoncteur à boîtier moulé de type C, est inclus à tous les raccordements à l'alimentation AC.

Le schéma de câblage se trouve en annexe N°8.

A la suite du schéma de câblage, une liste de matériel électrique est effectuée. Le schéma d'implantation du tableau permet de se représenter au mieux les dimensions du tableau électrique, les dimensions des canaux à câble et la longueur des fils électriques. (Annexe N°9)

5.4.3 SECURITE

A cause du filtre du côté REGEN, il n'est pas possible de raccorder le modèle d'éolienne au réseau par l'intermédiaire d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR ou FI) souvent trop sensible. Il faut donc manipuler le tableau électrique avec précaution. Pour éviter ce problème, un DDR retardé peut être utilisé. Un bouton d'arrêt d'urgence a été prévu et aucunes parties sous tension n'est accessible selon la norme de sécurité IP30.

5.5 RESULTAT

La conception électrique est très compacte et respecte les normes d'installations électriques. Les convertisseurs et les moteurs sont installés et raccordés en conformité avec les recommandations du fabricant.

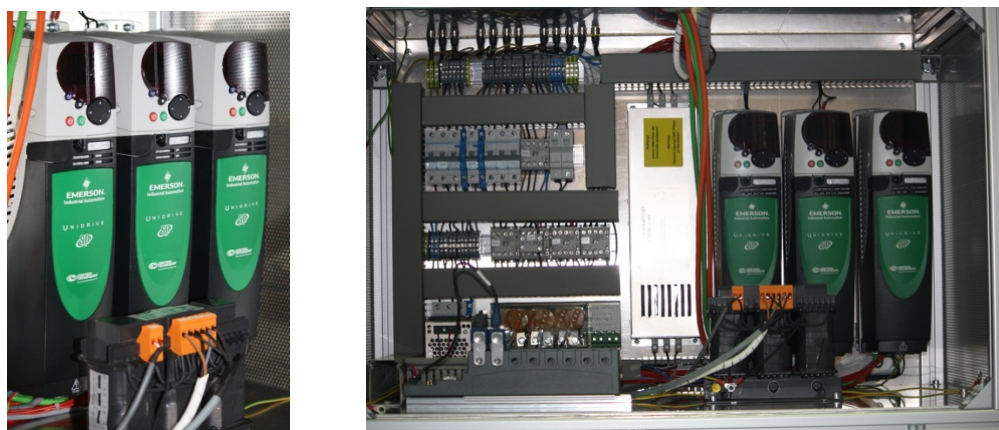


Figure 28 : Photos du tableau électrique

Le tableau ci-dessous résume les divers coûts de la partie électrique, avec une estimation des honoraires :

Fonction	Matériel	nbr	Prix total [CHF]
Active Front End (REGEN)	Réseau de varistors, Bobine Regen, filtre compact, fusible AC, fusible DC, porte fusible 2 et 3 pôles, variateur SP1406.	1	1'980.-
Servomoteur	Servomoteur, câble de puissance, câble signaux	1	2'290.-
Drives	Variateur SP1403, Affichage LED, Fusible DC, porte fusible 2 pôles	2	2'140.-
Matériel électrique	Disjoncteur, contacteur, sectionneur de neutre, interrupteur rotatif, arrêt, poussoir, interrupteur 2 positions, d'urgence bornes, alimentation 24VDC	1	1'000.10
Petit matériel électrique	Embout de câble, cosse, prises de laboratoire	1	35.80
Câblage	Fils 1.5mm ² et fils 1mm ²	1	164.03
Autre matériel	Rail DIN et canal à câble	1	67.10
Honoraire	Electricien – Electronicien 70.-CHF/h	45	3'150.-
TOTAL			10'827.-

Tableau 5 : Récapitulation des coûts de la partie électrique

6. CONCEPTION MECANIQUE

6.1 INTRODUCTION

Le modèle d'éolienne doit représenter au mieux une éolienne moderne de type MSAP par sa construction mécanique. Comme les pièces mécaniques sont élaborées au sein de l'atelier mécanique de l'HES-SO, la construction doit contenir un nombre réduit de pièces mécanique facilement usinables.

L'image ci-dessous présente l'esquisse initiale du modèle d'éolienne.

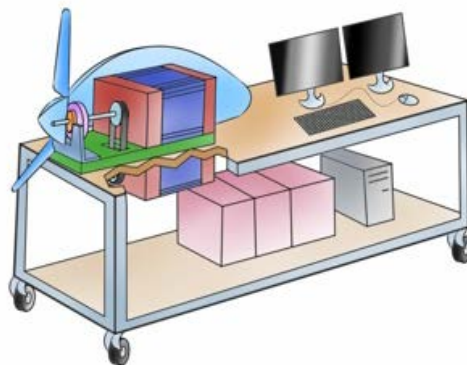


Figure 29 : construction du modèle d'éolienne

Le modèle d'éolienne est composé d'une hélice, d'un réducteur planétaire, d'une courroie dentée et de poulies pour la transmission de la puissance entre les deux moteurs, d'un carter de support moteur/réducteur ainsi que d'une table de support de la maquette.

L'image ci-dessous présente l'assemblage du système d'éolienne, mis en annexe N°10.

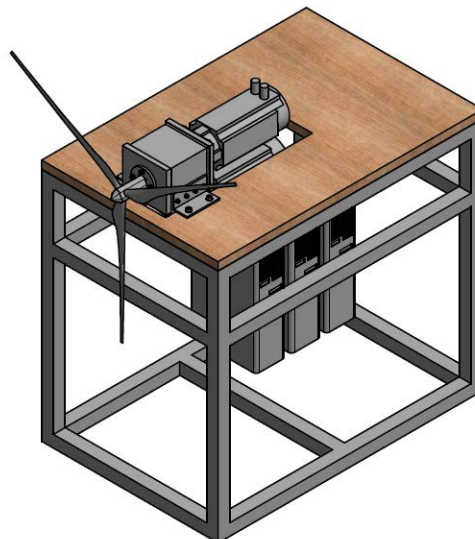


Figure 30 : construction du modèle d'éolienne

6.2 LE REDUCTEUR

Afin de représenter au mieux une éolienne moderne, un réducteur entre l'hélice et la génératrice est indispensable.

La vitesse de rotation de l'hélice d'une éolienne varie dans une plage de 5 à 20 tr/min. Selon les spécifications, la génératrice du modèle tourne à 2000 tr/min. Avec ces valeurs, le rapport de réduction se situe dans la plage de valeurs selon le calcul suivant :

$$r \cong \frac{v_{\text{génératrice}_{\text{nom}}}}{v_{\text{turbine}_{\text{max}}}} = \frac{400}{1} \text{ à } \frac{91}{1}$$

Les réducteurs planétaires sont capable d'avoir des rapports de réduction élevés dû faite qu'ils sont composé de plusieurs étages de réduction.



Figure 31 : réducteur planétaire [Source : Maxon]

Afin de trouver le réducteur le mieux adapté au système, il a fallu faire un compromis entre le rapport de réduction, le couple maximal supporté, les dimensions et le prix d'achat du réducteur.

Le réducteur proposé est un réducteur planétaire de Maxon motor, GP 42C diam 42 mm, 3 à 15 Nm, en céramique et de rapport de réduction 1 :91. Ce réducteur a l'avantage d'être plus silencieux et de petite taille par rapport à d'autre réducteur de même rapport.

La fiche technique du réducteur planétaire Maxon est mise en annexe N°11.

Comme aucune information n'est donnée sur la pièce d'adaptation entre le premier étage de réduction est l'arbre du moteur, il a été décidé d'attendre la livraison du réducteur afin de dimensionner l'arbre de transmission entre la génératrice et le réducteur. Cependant le réducteur planétaire a été livré sans le pignon d'entrée du premier étage de réduction et sans la pièce d'adaptation, étant donné que Maxon Motor fournit normalement un système complet « réducteur – moteur » déjà assemblé à l'usine.

Pour remédier à ce problème, une demande d'offre de système complet est effectuée. Le moteur RE35 est proposé par le fournisseur, ainsi que la possibilité de renvoyer le réducteur pour effectuer le montage dans leur entreprise. Ensuite, dès la réception du système complet, il faut démonter le moteur afin de retenir uniquement l'arbre moteur rentrant dans le réducteur et le pignon pour enfin adapter tout cela à la construction mécanique du modèle d'éolienne.

Par manque de temps et aux vues des délais de livraison, l'idée d'assembler le réducteur à l'ensemble du modèle d'éolienne n'est pas réalisable.

6.3 TRANSMISSION DE PUISSANCE

La transmission de la puissance mécanique est faite par l'intermédiaire d'une courroie dentée. La transmission par courroie est plus simple et plus économique que les transmissions par engrenage et absorbe mieux les chocs et les vibrations. La courroie dentée fonctionne sans glissement, supporte bien les basses et hautes vitesses et exige une tension initiale plus faible que les autres courroies.

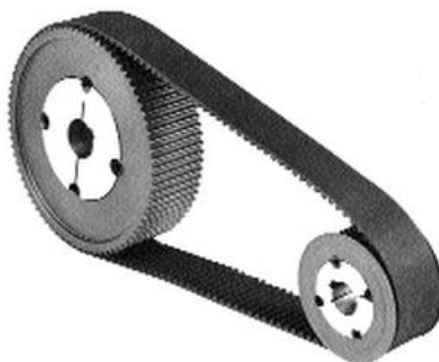


Figure 32 : Courroie crantée

6.3.1 DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement se fait selon la méthode proposée par le constructeur GATES. Dans un premier temps il faut déterminer le facteur de service adapté afin de garantir une bonne durée de vie de la courroie. L'entraînement est un moteurs AC à couple normal, de service intermittent, jusqu'à 8h/jour ou en service saisonnier. La machine entraînée est une génératrice. Le facteur de service est de 1.4.

$$P_{\text{corrigé}} = \text{facteur de service} \times \text{puissance théorique}$$

$$P_{\text{corrigé}} = 1.4 \cdot 1[kW] = 1.4 [kW]$$

Selon la valeur de la puissance corrigée et la vitesse à laquelle tourne l'entraînement, on peut déduire les courroies adaptée à l'application. Les courroies possibles sont:

- POWERGRIP GT 3MR
- POWERGRIP HTD 5M
- POWERGRIP L

Ensuite, la combinaison des poulies, la longueur de la courroie et l'entraxe sont déduits.

COURROIE	DIAMETRE POULIE [mm]	Nb de dent N	Entraxe [mm]	LARGEUR COURROIE [mm]
POWERGRIP GT 3MR	48	44	129	20
POWERGRIP HTD 5M	56.16	36	135	15
POWERGRIP L	48	14	123.8	100

Tableau 6 : Classification Courroies Dentées

Avec une largeur de 100mm, la courroie POWERGRIP L peut transmettre une puissance maximal de 1.08 kW à une vitesse de rotation de 2'000 tr/min et plus que 0.54 kW à une vitesse de 1'000 tr/min. A petite vitesse, la courroie peut transmettre la puissance nominale du système d'entraînement mais il n'y a pas de marge de sécurité. Elle n'est donc pas adaptée.

Avec une largeur de 15 mm, la courroie HTD 5M transmet une puissance de 1.5 kW à une vitesse de rotation de 2'000 tr/min. La courroie GT 3MR, quant à elle, transmet une puissance limite de 1.39 kW à 2'000 tr/min et 0.82 kW à 1'000 tr/min. Les deux courroies sont adaptées au système de transmission de puissance.

Tous les calculs de dimensionnements des courroies dentées se trouvent en annexe N°12.

6.3.2 CHOIX DU TYPE DE COURROIE

L'aspect de sélection finale du type de courroie dentée est la recherche du matériel chez les fournisseurs. Pour le système de la transmission de puissance, il faut un barreau denté, une poulie avec flasque et la courroie.

Le type de barreau 5M est assez aisément trouvé chez UIKER et rapidement livrable. Un barreau de type 3MR est aussi trouvé chez UIKER mais n'était pas en stock. C'est pourquoi la courroie de type HTD 5M est choisie pour le système de transmission de puissance.

Angst & Pfister est le fournisseur chez lequel la poulie avec flasque ainsi que la courroie dentée de 15 [mm] de large sont commandés.



Figure 33 : Poulie et Barreau pour courroie HTD 5M

6.4 USINAGE DES PIÈCES MECANQUES

Les pièces à usiner sont le carter de support moteur/réducteur, le barreau denté pour la courroie, la poulie avec flasque (perçage) et la plaque de fixation du réducteur (Annexe N°13).

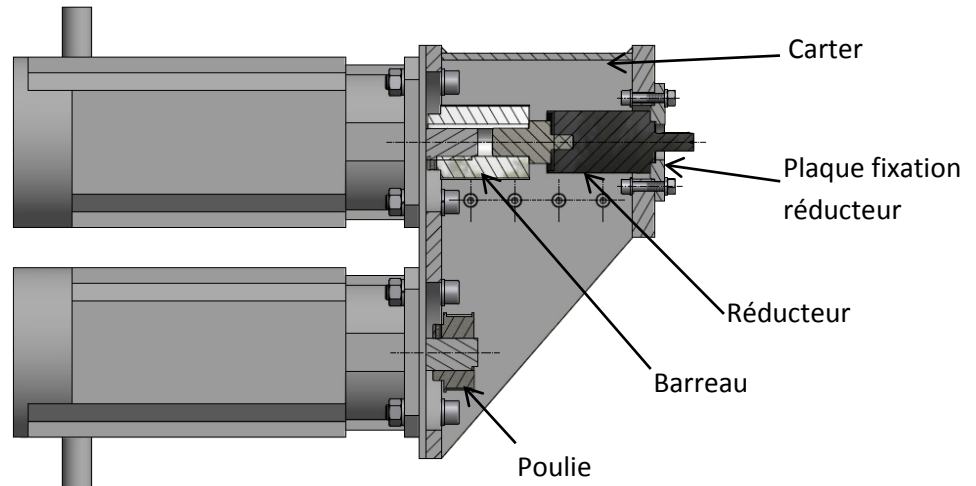


Figure 34 : Pièces mécaniques à usiner

Le carter

Le carter est l'élément rigide de la construction. Les plaques avant et arrière du carter sont plus épaisses car elles servent à la fixation des deux moteurs synchrones ainsi qu'à la fixation du réducteur planétaire. La longueur est réduite afin de minimiser les espacements entre les pièces mécaniques.

Afin d'éviter d'endommager la construction par flexion et par fatigue, il faut garantir un alignement axial entre l'arbre moteur et le réducteur. Pour cela il a fallu souder les plaques latérales avec les plaques avant et arrière, puis effectuer l'usinage. (Annexe N°14)

Matière : Acier

Tolérances nécessaire :

- Planéité des surfaces de contact avec les moteurs et le réducteur ;
- Parallélisme des plaques épaisses du cartère ;
- perpendicularité et concentricité du trou de centrage du moteur et du trou de centrage du réducteur

Plaque de fixation du réducteur

Le carter déjà assemblé, il n'est pas possible de rendre la face intérieure plane pour la fixation et le centrage du réducteur. C'est pour cela que ce dernier est fixé dans un premier temps sur une plaque supplémentaire et le tout vient centré et fixé sur le carter. (Annexe N°15)

Matière : Acier

Tolérances nécessaire :

- Planéité des surfaces de contacts avec le réducteur ;
- perpendicularité du trou de centrage du réducteur

Poulie avec Flasque

L'alésage du diamètre intérieur de la poulie, commandée chez Angst & Pfister, était inférieur à celui souhaité (en fonction des dimensions de l'arbre claveté du moteur). Une adaptation de la poulie à flasque a été nécessaire. (Annexe N°16)

Matière : Acier

Tolérances nécessaire : - h6 pour l'alésage de la clavette du moteur.

Barreau denté

La solution de la liaison entre l'arbre du moteur et le réducteur est trouvée par l'intermédiaire du barreau denté du système de transmission de puissance par courroie. En effet le barreau a été usiné de tel sorte que d'un côté, l'arbre claveté du moteur y est fixé, et de l'autre un arbre de transmission y est fréter pour la liaison au réducteur. (Annexe N°16)

Matière : Aluminium

Tolérances nécessaire : - h6 pour l'alésage de la clavette du moteur.

6.5 TABLE DE SUPPORT

La structure de la table de support de la maquette est réalisée à l'aide de profilés ITEM 40x40mm. Une planche en sapin de 27mm d'épaisseur est posée sur les profilés, sur laquelle vient se fixer la construction mécanique du modèle d'éolienne. Les dimensions de la coupe sont prises par rapport aux dimensions du modèle d'éolienne avec un espace supplémentaire à l'arrière pour le passage des raccordements électrique de la génératrice et de la console de commande des convertisseurs, c'est-à-dire 160x500mm. La partie mécanique vient se fixer sur la table à l'aide de profilés en L (Annexe N°17).

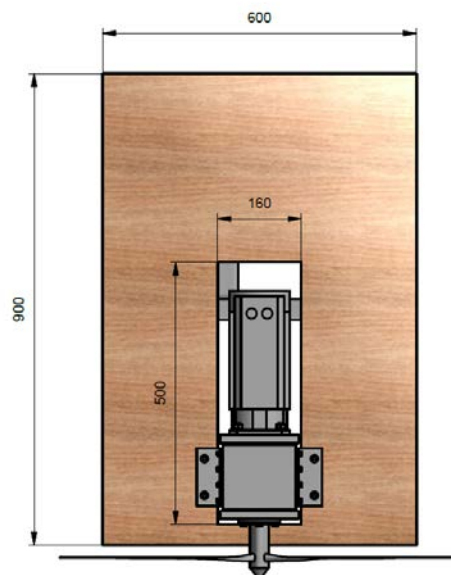


Figure 35 : Support du modèle d'éolienne

6.6 RESULTAT

La conception mécanique est très compacte, rigide et facile à monter/démonter. Les moteurs sont installés en conformité avec les recommandations du fabricant. Les parties tournantes des moteurs et de la courroie sont difficilement accessibles, hormis le bout d'arbre du réducteur planétaire.

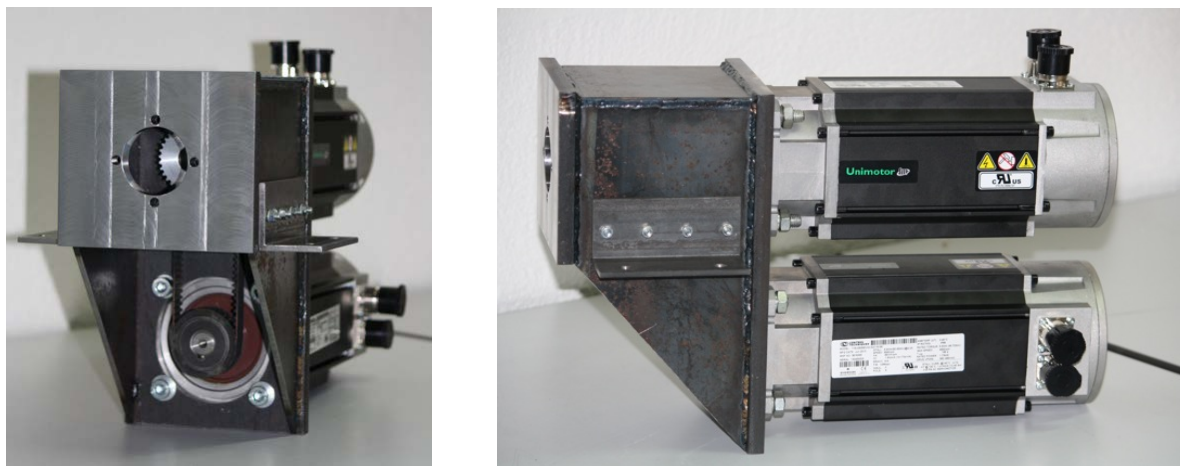


Figure 36 : Photos de l'assemblage mécanique

Le tableau ci-dessous résume les divers coûts de la partie mécanique, y compris les honoraires d'usinage à l'atelier mécanique :

Pièces	nb	Prix unitaire	Prix total
Usinage honoraire	45	70.-	3'150.-
Réducteur	1	247.20	247.20
Barreau denté pas 5M	1	187.-	187.-
Pignon HTD-5M-15	1	22.10	22.10
Courroie HTD 5M	1	11.60	11.60
Planche en bois	1	80.-	80.-
Matériel ITEM	1	244.96	244.96
Profilé ITEM	1	185.63	185.63
Total mécanique			4'128.49

Tableau 7 : Récapitulation des coûts de la partie mécanique

7. PROGRAMMATION CONVERTISSEUR

7.1 INTRODUCTION

Les convertisseurs ont pour but de contrôler le flux de puissance transmis au/par le moteur sur le réseau. Pour la programmation des convertisseurs, deux logiciels sont à disposition, CTsoft pour la configuration et le monitoring et CTscope pour la visualisation des signaux. Pour ce projet, uniquement le logiciel CTsoft est nécessaire.

Le programme CTsoft se compose de menus avancés comportent des groupes ou des paramètres adaptés à une fonction spécifique ou à une caractéristique du variateur. Il y a aussi la possibilité de visualiser les menus sous forme graphique. Ces menus sont spécifiques au mode de fonctionnement du variateur. Dans ce projet deux modes sont utilisés, le mode REGEN et le mode Servomoteur en boucle fermée.

Paramètre de communication :

- N° du COM1
- 19'200 bauds
- Mode CT-RTU
- Adresse n°1

7.2 CONFIGURATION DES DRIVES

Le drive doit être configuré pour pouvoir fonctionner avec un moteur bien défini. La fonction **“Drive-Setup Wizard”** permet de configurer les paramètres suivants :

- Le mode de fonctionnement : Boucle fermée Servo
- L'encodeur
- Le type de moteur
- Les rampes d'accélération et de décélération
- Les entrées analogiques
- Les entrées digitales

Figure 38 : Paramètres de l'encodeur

Figure 37 : Paramètres du moteur

Figure 40 : Référence d'entrée

Figure 39 : Profil du variateur, rampe d'accélération et de décélération

Pour un bon fonctionnement du convertisseur, les paramètres suivants sont contrôlés :

Paramètres du moteur :

- Pr. 5.17 : Résistance statorique
- Pr. 5.24 : Inductance transitoire
- Pr. 5.18 : Fréquence de commutation maximale, par défaut sur 6 kHz.

Paramètres du régulateur de courant :

- Pr. 4.13 : Gain K_p de la boucle de courant ($K_p = K \times L \times K_c$)
- Pr. 4.14 : Gain K_i de la boucle de courant ($K_i = 0.0427 \times K \times R \times K_c$)

Paramètres intéressants :

- Pr. 3.02 : Retour de la vitesse
- Pr. 0.12 : Courant total

Paramètres de références :

- Pr. 1.18 : Référence de précision de vitesse
- Pr. 4.08 : Référence de couple

Les diagrammes de programmation du Drive se trouve en annexe N°18.

7.3 CONFIGURATION DU REGEN

Le REGEN est déjà configuré par défaut, et normalement il n'a pas besoin d'être modifié.

Seuls les paramètres ci-dessous sont à programmer ou à contrôler :

- Pr. 5.18 : Fréquence de commutation maximale, réglé sur 8 kHz dans ce projet (attention ce réglage limite le courant de sortie à 6 A, voir tableau 10_3 du Regen Installation Guide)
- Pr. 4.08 : Référence de courant réactif, pas utilisé dans ce projet.
- Pr. 7.15 : Mode entrée analogique 3 T8, configuré avec thermistor de protection de la self de régénération.
- Pr. 2.04 : Mode de sélection rampe : false
- Pr. 6.03 : Mode de perte d'alimentation : Disabled

Paramètres intéressants :

- Pr. 5.02 : Tension de sortie / alimentation
- Pr. 4.02 : Courant actif
- Pr. 5.05 : Tension du bus DC
- Pr. 0.14 : Puissance de sortie / alimentation

La liste des paramètres du Regen se trouvent en annexe N°19.

7.4 MISE EN SERVICE

La mise en service du système s'est déroulée selon les séquences suivantes :

- 1) Vérification des boutons des trois convertisseurs de la console de commande. Une réadaptation de l'adresse d'enregistrement de la valeur analogique est effectuée afin de simplifier la commande du convertisseur.
- 2) Mise en route du Moteur avec une référence de vitesse, puis une référence de couple, sans la transmission avec la courroie.
- 3) Mise en route de la génératrice avec une référence de vitesse, puis une référence de couple, sans la transmission avec la courroie.
- 4) Mise en route du moteur avec une référence de couple avec la transmission par courroie.
- 5) Mise en fonction du Regen selon la séquence ci-dessous :

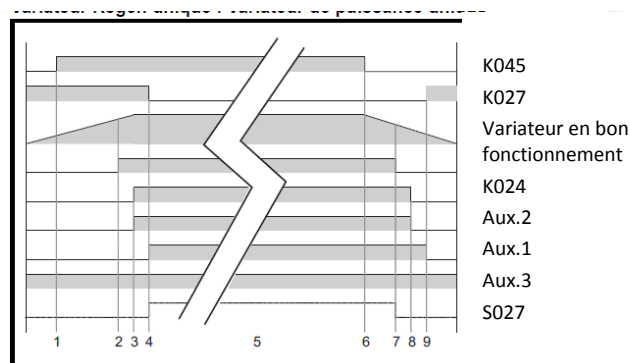


Figure 41 : Séquence de mise en route du Regen

- K045 est fermé avec le circuit de charge actif.
- Le bus DC charge par l'intermédiaire des entrées VAC des variateurs Regen L1, L2, L3.
- K027 commute lorsque le bus DC > 430 V. Le variateur Regen est déverrouillé et S027 peut alors être appliqué.

Lorsque S027 est appliqué, le convertisseur Regen se mettait en sécurité avec les messages d'erreurs suivants :

- **OI.AC** : Surintensité de sortie instantanée détectée.
- **L.SYNC** : Echec de synchronisation du variateur avec la tension d'alimentation en mode REGEN

Le filtre CEM interne (Condensateur bleu) influence l'électronique de puissance, ce qui provoque des surintensités sur le convertisseur.

Selon les explications de Mr. Yann Scheerer, Ingénieur Application – Control Technique Lausanne pour résoudre ce problème, il a fallu démonter le filtre CEM interne. En démontant le filtre CEM interne, on obtient un circuit plus long entre le bus DC et la terre, ce qui implique un appel de courant moins important aux bornes du convertisseur. En effet lorsque le variateur fait partie d'un système régénératif, le filtre CEM interne doit être démonté.

Pour pouvoir contrôler la source exacte de ce problème, il faudrait effectuer des mesures plus précises de la forme du signal de courant avec et sans séparation galvanique avec le réseau et avec et sans filtre CEM interne.

8. ACQUISITION DES DONNEES

8.1 INTRODUCTION

L'acquisition des données s'effectue par l'intermédiaire d'un API de national Instrument : CompactRio. Cette solution a été adoptée pour sa flexibilité, ses possibilités d'extension de mesure ou de commande en ajoutant des cartes d'acquisition supplémentaires, sa précision de mesure et sa rapidité d'acquisition. Comme à l'avenir le laboratoire désire se compléter de plusieurs éoliennes, le CompactRio peut permettre et faciliter la commande et la surveillance d'une chaîne de simulateurs d'éoliennes.

Une carte relais est ajoutée pour la commande des commutateurs de mise sous tension des convertisseurs directement depuis l'IHM. Pour envoyer et reprendre des données sur les convertisseurs, deux possibilités ont été étudiées :

1. Module d'interface série RS-485 pour CompactRio :

Cette possibilité permet d'utiliser directement le port de communication Modbus du convertisseur. Un module d'interface série RS-485 est ajouté au CompactRio pour la liaison avec le convertisseur.

Protocole	: Modbus RTU	
Paramètres accessibles	: Tous les paramètres du convertisseur	
Prix	: NI 9871 4-Port RS422/RS485 Serial	875.- CHF

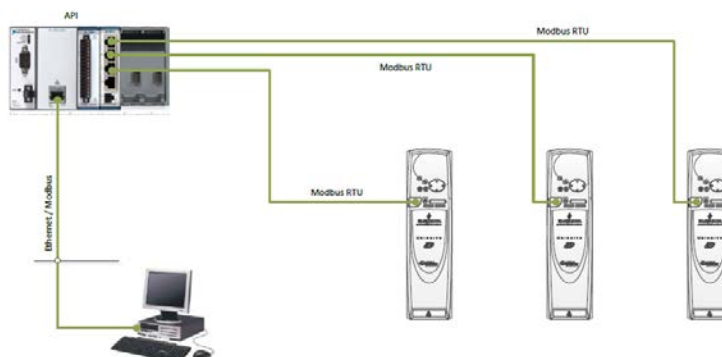


Figure 42 : Schéma Bloc – Solution avec Modbus RTU

2. Module optionnels pour les convertisseurs

Des modules optionnels pour les réseaux industriel Ethernet sont disponibles, tel que SM-Ethernet. Ces modules sont ajoutés au convertisseur et sont reliés à un switch qui regroupe aussi l'API et l'IHM.

Protocole	: Modbus TCP/IP	
Paramètres accessibles	: Tous les paramètres du convertisseur	
Prix	: Module SM-Ethernet	396.- CHF/pce
Spécifications	: Transfert de plus de données et plus rapide que Modbus RTU, mais programmation plus compliquée.	

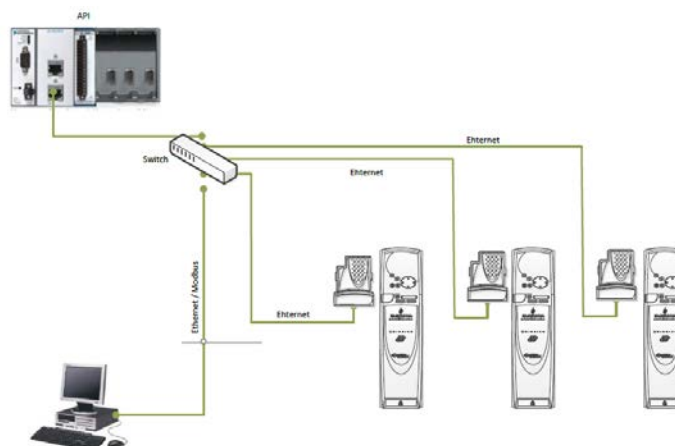


Figure 43 : Schéma Bloc – Solution avec Modbus TCP/IP

Comme Les deux solutions permettent d'accéder à toutes les données des convertisseurs et malgré les avantages qu'offre la solution avec Modbus TCP/IP, le choix s'est porté sur la première possibilité, soit sur la solution avec un module d'interface série RS-485 pour le CompactRio. La raison de ce choix est d'une part le prix (875.- CHF contre 1188.- CHF sans le prix du switch) et d'autre part le fait que le protocole par défaut des convertisseurs est Modbus RTU.

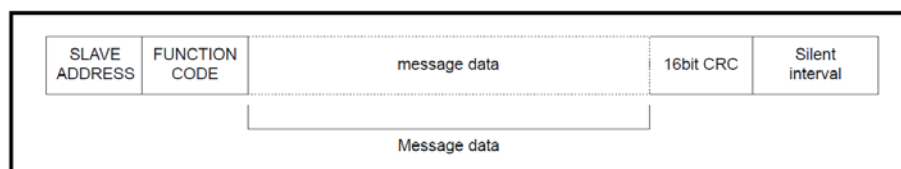
8.2 MODBUS RTU

L'UNIDrive SP a une interface standard EIA485 deux fils (interface de communication série) qui permet avec un PC ou un API de paramétrer, de contrôler et de surveiller le variateur. Il est donc possible de commander le variateur entièrement par le port série sans utiliser de clavier SM-Keypad ni d'autres câbles de commande ou cartes SM supplémentaires.

Le variateur supporte deux protocoles sélectionnables par le paramètre de configuration :

- Modbus RTU
- CT ANSI

Comme cité au point précédent, Modbus RTU est défini en tant que protocole par défaut, car il est utilisé avec le logiciel PC de démarrage et de mise en service fourni par Emerson.



CT parameter	MODBUS PLC register	Register address (protocol level)	Comments
X.Y	$40000 + X \times 100 + Y$	$X \times 100 + Y - 1$	Pr 0.00 cannot be accessed
Examples:			
Pr 1.02	40102	101	
Pr 1.00	40100	99	
Pr 0.01	40001	0	

Figure 44 : Principe de communication Modbus RTU

9. INTERFACE HOMME-MACHINE

9.1 INTRODUCTION

L'interface choisie doit être un outil convivial permettant aux étudiants de paramétrer le(s) convertisseur(s) afin d'obtenir les valeurs de puissance active en fonction d'une constante de vitesse du vent donnée. De plus, l'interface doit permettre la modification des paramètres de la vitesse du vent et autres paramètres qui permettent aux étudiants de visualiser l'influence de ces derniers sur la production d'énergie d'une éolienne.

L'IHM est prise en charge par le programme Labview qui communique avec un compact CRIO complété par des cartes de sortie relais pour contrôler les commutateurs d'alimentation des convertisseurs. Les valeurs de tension, courant, puissance et vitesse des moteurs sont reprises directement sur les convertisseurs à l'aide d'un bus de terrain et le module d'interface série présenté au chapitre précédent.

9.2 CONCEPTION

Une première fenêtre permet à l'utilisateur de choisir le mode de fonctionnement du simulateur d'éolienne. Deux modes sont disponibles : mode DEMO et mode TP.

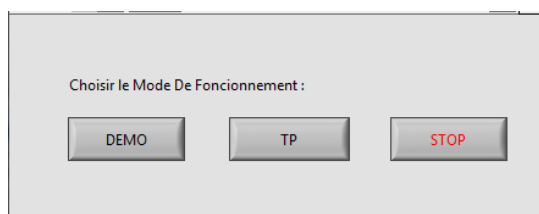


Figure 45 : IHM – Choix du Mode

Le mode DEMO permet à l'utilisateur d'étudier le fonctionnement général d'une éolienne, c'est-à-dire de visualiser numériquement la puissance électrique produite par une éolienne en fonction de la vitesse du vent et en fonction de la vitesse de la génératrice. L'utilisateur peut modifier ces deux derniers paramètres pour voir leur influence sur la puissance produite. Les valeurs instantanées de la vitesse de la turbine, la puissance du vent et le rendement du modèle sont directement calculées à partir des paramètres rentrés par l'utilisateur. Les valeurs de la vitesse de la génératrice et de la puissance produite et injectée dans le réseau sont reprises directement depuis les convertisseurs.

Afin de rendre l'interface plus compréhensible, deux graphiques affichent les valeurs de la puissance en fonction de la vitesse de la génératrice et la puissance en fonction de la vitesse du vent. Pour que l'utilisateur visualise bien ces caractéristiques déterminantes des éoliennes, les courbes modélisées au chapitre "4.2 CARACTERISTIQUES D'UNE EOLIENNE" seront affichées en arrière-plan. Ainsi l'utilisateur peut ajuster convenablement la vitesse de la génératrice afin d'atteindre le point de puissance optimal.



Figure 46 : IHM – Mode DEMO

Le mode TP n'est pas réalisé dans le cadre de ce travail. Il regroupera toutes les fonctionnalités propres à un travail pratique proposé aux étudiants.

Une fenêtre supplémentaire de contrôle des convertisseurs est prévue pour visualiser en tout temps les différents paramètres intéressants des trois convertisseurs. De plus il est possible de visualiser plus rapidement quel convertisseur se met en sécurité en cas de problème sur l'installation.

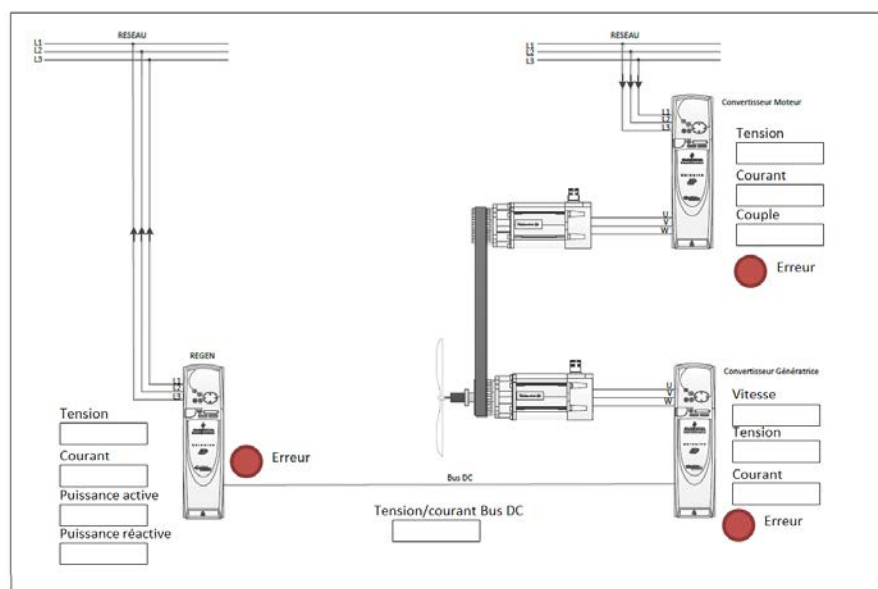


Figure 47 : IHM - Contrôle Convertisseurs

10. ESSAIS ET MESURES

Les essais et les mesures n'ayant pas été réalisés, ce chapitre introduit le résultat auquel on veut arriver afin d'avoir un modèle d'éolienne le plus représentatif possible d'une vraie éolienne.

Le but des essais et des mesures est de déterminer la relation couple/vitesse de la génératrice afin de déterminer précisément les références à introduire dans les convertisseurs pour que le résultat se rapproche des courbes modélisées ci-dessous.

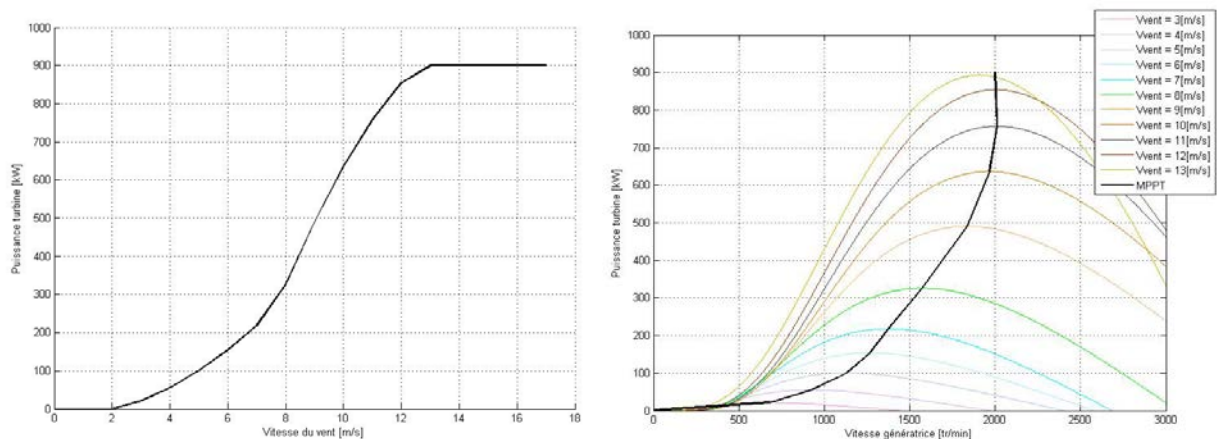


Figure 48 : Caractéristiques de référence du modèle d'éolienne

Pour cela, il faudra créer une référence de vitesse du vent variable et observer le comportement de la vitesse de la génératrice ainsi que de la puissance produite par celle-ci. En effet, en modifiant la vitesse du vent et en gardant une vitesse de la génératrice fixe, la puissance doit changer de caractéristique. En modifiant la vitesse de la génératrice, le point de fonctionnement doit se déplacer sur la caractéristique afin de pouvoir définir la puissance optimale.

Pour effectuer ces essais, il faut s'aider de l'interface de communication et de contrôle en affichant la puissance produite instantanée, la vitesse de la génératrice, la vitesse du vent et la référence de couple envoyée au convertisseur moteur.

D'autres mesures peuvent être réalisées telles que la visualisation de la forme de la tension et du courant injectés sur le réseau sur un oscilloscope ou l'interface de communication.

11. CONCLUSION

Le but de ce travail est d'apporter une contribution à l'étude du fonctionnement et à l'étude du système de commande d'une éolienne moderne. Après avoir présenté un état de l'art des différentes configurations électriques utilisées dans le domaine de l'énergie éolienne, le choix s'est porté sur une structure à vitesse variable basée sur une génératrice synchrone à aimants permanents (MSAP) avec redresseur et onduleur programmable.

La réalisation du modèle électrique d'une éolienne, incluant l'entraînement pour la simulation du comportement idéalisé de la turbine, constitue l'objet de ce projet pluridisciplinaire. Ce dernier regroupant la modélisation des caractéristiques du modèle d'éolienne par rapport aux caractéristiques d'une vraie éolienne tout en respectant le rapport d'échelle de 1 :5000, le dimensionnement et la commande des éléments électriques et mécaniques, la construction du modèle d'éolienne, la programmation et la mise en service des trois convertisseurs et, enfin, la conception basique de l'interface de contrôle et de communication.

Malheureusement les essais et les mesures n'ont pas pu être réalisés sur le modèle et ainsi les caractéristiques du modèle d'éolienne n'ont pas pu être comparées avec celles calculées avec Matlab. Ce travail supplémentaire devra être effectué afin de valider définitivement la programmation du modèle d'éolienne. De plus la programmation du mode TP de l'IHM reste à faire afin de pouvoir proposer aux étudiants un travail pratique conviviale et didactique sur le fonctionnement et la méthode de commande d'une éolienne de type MSAP.

En conclusion, ce projet, chiffré tout de même à 17'000 CHF, permet au mini réseau GridLab de se munir d'un modèle d'éolienne fonctionnel et interactif. La liste globale du matériel avec les prix se trouve en annexe N°20.

En effet, ce projet de modèle d'éolienne va permettre d'étudier la problématique de l'intégration d'énergie renouvelable sur le réseau de distribution à 400V. Ce premier modèle va aussi servir de référence pour la conception d'autres modèles d'éoliennes basées sur des topologies différentes. Toutes les photos du modèle d'éolienne se trouvent en annexe N°21.



Figure 49 : Photos du modèle d'éolienne

13. REMERCIEMENTS

Pour conclure j'aimerais remercier toutes les personnes qui m'ont apportées leur aide pour la réalisation de ce travail :

Mr Dominique Roggo, mon professeur pour sa disponibilité et ses conseils durant le travail.

Mr Serge Amoos pour son aide lors de la conception mécanique du modèle d'éolienne.

L'équipe de l'atelier mécanique pour leur disponibilité et leurs conseils pour l'usinage et l'assemblage des éléments mécaniques et Mr. Alain Roduit pour son aide lors du choix du matériel du tableau électrique.

Mr Steve Gallay pour son aide lors du câblage, de la programmation et de la mise en service des convertisseurs de puissance.

Mrs. Dominic Furrer et Aldo Vaccari pour leur aide sur la programmation de Labview.

Shadya Gabathuler

12. BIBLIOGRAPHIE

Dominique Roggo, « Mini-Réseau HES-SO//Valais », Donnée modélisation d'une éolienne, 17.12.2012

Gamesa, « Brochure Gamesa G128-4.5 MW », Fiche Technique, 2012

GWEC, « Global wind statistique », Rapport technique statistique, 2013

RWE, « Fact Book Energy », Rapport technique, 2010

GATES, « Manuel de détermination courroie », Manuel Technique, 2001

Bouhedda Ali, mémoire de magister en électrotechnique, 2011

CONTROL TECHNIQUE « Guide Abrégé Unidrive SP », Manuel Technique, 2007

CONTROL TECHNIQUE « Guide d'installation Unidrive SP REGEN », Manuel Technique, 2007

CONTROL TECHNIQUE « Cammander SK Advanced User Guide », Manuel Technique, 2010

CONTROL TECHNIQUE « Unimotor Series fm », Manuel d'installation, 2010

<http://www.suisse-eole.ch/>, Base de données éolien CH, décembre 2012

<http://www.emersonindustrial.com/en-en/controltechniques/products/acdrives/Pages/ac-drives.aspx>

Page documentation variateur de fréquence UNIDrive, avril 2013

<http://www.emersonindustrial.com/en-EN/controltechniques/products/servodrives/unimotorfm/Pages/unimotor-fm.aspx>,

Page documentation Moteur synchrone PM, avril 2013

<http://www.maxonmotorusa.com/maxon/view/product/gear/planetary/gp42/203125>

Catalogue Maxon réducteur planétaire, avril 2013

Professeurs

Mr. Roggo Dominique	professeur HES-SO Valais	Ing. Dipl. EPFZ
Mr. Amoos Serge	Adjoint scientifique HES-SO Valais	Ing. Dipl. mec. EPFL
Mr. Gallet Steve	Collaborateur Technique HES-SO Valais	
Mr. Vaccari Aldo	Adjoint scientifique HES-SO Valais	
Mr. Furrer Dominic	Adjoint scientifique HES-SO Valais	

14. ANNEXES

1. Planning travail de diplôme
2. Information G128 – 4.5 MW
3. Script Matlab « Caractéristiques de la G128 »
4. Script Matlab « Caractéristiques Modèle »
5. Brochure Convertisseurs de fréquence UNIDrive SP
6. Datasheet UNIMotor fm
7. Schéma de principe du système
8. Schéma de câblage
9. Schéma d'implantation Tableau Electrique
10. Mise en plan Assemblage du Système
11. Fiche technique du réducteur planétaire
12. Dimensionnement/Calculs de la courroie dentée
13. Mise en plan Assemblage Mécanique
14. Mise en plan du Carter
15. Mise en plan de la Plaque de fixation du réducteur
16. Mise en plan du barreau et de la poulie
17. Mise en plan du profilé en L
18. Schéma de programmation Drive
19. Liste des paramètres REGEN
20. Liste de Matériel
21. Photos du modèle d'éolienne

PHOTOS DU MODELE

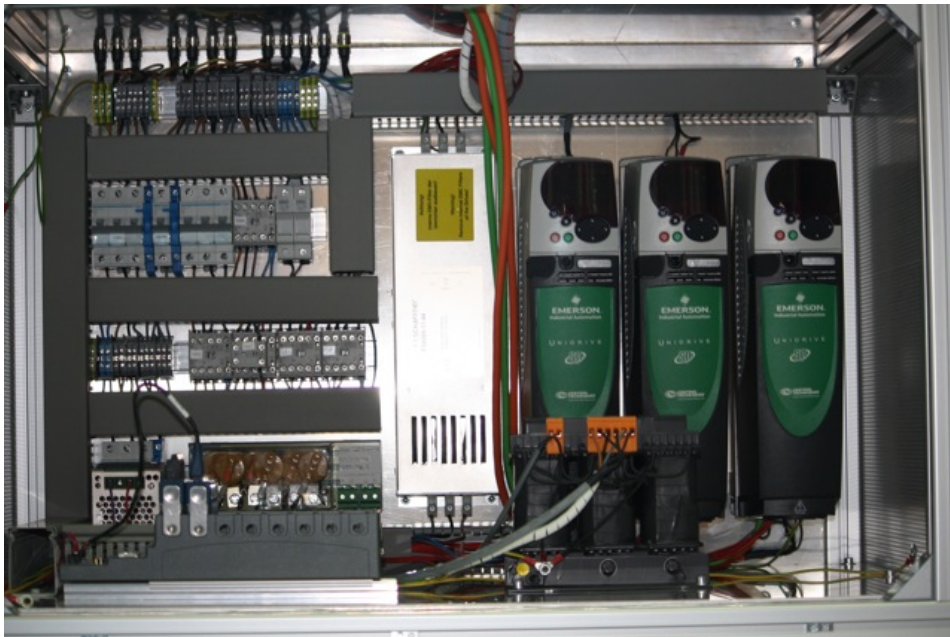


Figure 1 : Tableau Electrique

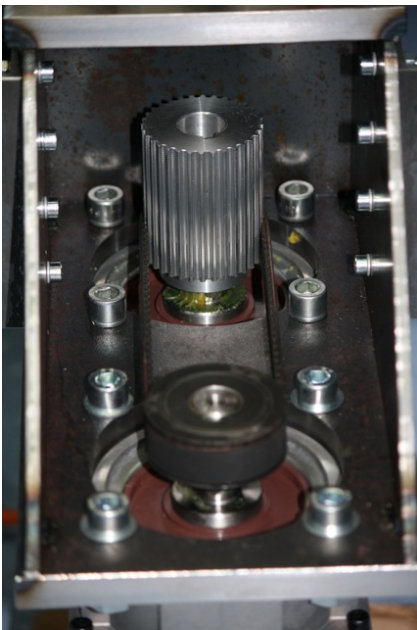


Figure 2 : Transmission par courroie

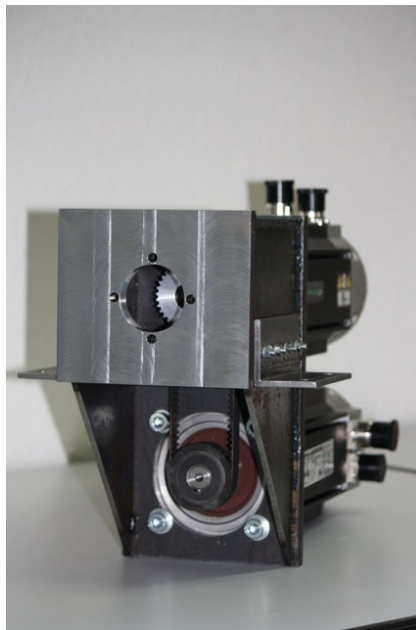


Figure 3 : Mécanique Vue Avant



Figure 4 : Mécanique Vue Arrière



Figure 5 : Mécanique Vue de Côté



Figure 6 : Fixation sur la Table



Figure 7 : Assemblage du Système du Modèle d'Eolienne

LISTE DES PIECES

Fonction	Qté	Description	Prix uniaire [CHF]	Total [CHF]
Active Front End	1	Réseau de varistors	177.00	177.00
	2	Fusible DC type gRL / 600V / 20A	9.00	18.00
	1	Porte fusible 2 pôles SI6003434.20	68.00	68.00
	3	Fusible AC type gRL /600V / 12A	9.00	27.00
	1	Porte fusible 3 pôles SI6003434.12	9.00	9.00
	1	Filtre compact 11A	268.00	268.00
	1	Bobine Regen 9.5A / 6.3mH	195.00	195.00
	1	Variateur Unidrive SP 4.0 kW / 9.5A Regen	1'160.00	1'160.00
Servomoteurs	1	Affichage LED	58.00	58.00
	2	Servomoteur 5.5Nm@3'000min-1, 1.74kW	985.00	1'970.00
	2	Câble de puissance 3 mètres	65.00	130.00
	2	Câble signaux 3 mètres	95.00	190.00
Drives	2	Variateur Unidrive SP 1.5 kW / 5.8 A	960.00	1'920.00
	2	Affichage LED	58.00	116.00
	4	Fusible DC type gRL / 600V / 12A	9.00	36.00
	1	Porte fusible 2 pôles SI6003434.12	68.00	68.00
Acquisition des données	1	NI 9074 CompactRIO	1'059.00	1'059.00
	1	NI 9481 Module 4 relais	189.00	189.00
	1	NI 9871 Module Seriel RS485	787.50	787.50
	1	NI 9915 Kit de montage sur rail DIN	39.00	39.00
	1	NI 9932 Kit de connexion	39.00	39.00
Transmission de puissance	1	Pignon HTD-5M-15	27.15	27.15
	1	Courroie dentée SYNCHROBELT HTD-5M	14.25	14.25
	1	Barreau denté 5M	187.00	187.00
Réducteur de puissance	1	Réducteur Planétaire GP 42C Maxon	287.00	287.00
Honoraire	45	Electricien/Electronicien	70.00	3'150.00
	45	Atelier mécanique	70.00	3'150.00
CHASSIS / TABLE	2	Profil ITEM 8 40x40 léger, Longueur 900mm	15.31	30.62
	4	Profil ITEM 8 40x40 léger,Longueur 760mm	15.31	61.24
	6	Profil ITEM 8 40x40 léger,Longueur 520mm	15.31	91.86
	4	Profil ITEM 8 40x40 léger, Longueur 820mm	15.31	61.24
	15	Découpe	3.45	51.75
	4	Embout 40x40 noir	1.59	6.36
	22	Equerre de fixation pour profil ITEM	4.01	88.22
	100	Vis de fixation M8 15mm	0.12	12.00
	70	écrou M8 pour profil ITEM	0.39	27.30
	1	Planche en Sapin 3 plis vernis 900x600x27mm	80.00	80.00
MATERIEL ELECTRIQUE	2	Disjoncteur protection canalisation	59.00	118.00
	1	Disjoncteur protection canalisation	15.30	15.30
	4	Contacteur "AB" 100-K09F10 1F	45.60	182.40
	1	Contacteur "AB" 100-K09F10 1O	45.60	45.60
	1	Bloc de cont.aux. 100KFA11E "AB" 1F+1O	9.91	9.91
	3	Sectionneur de neutre MZN173	10.90	32.70
	3	Tête pour contact à poussoir	7.27	21.81
	3	Element de contact 1O	7.27	21.81
	6	Interrupteur rotatif 2 position	29.29	175.74
	2	Tête pour lampe de signalisation	6.79	13.58
	2	Element lumineux frontal blanc	15.03	30.06
	1.65	Rail DIN	4.30	7.10
	5	Fil 1.5mm2	0.27	1.35
	4	Fil 1mm2	0.20	0.78
	4	Canal à câbles	15.00	60.00
	1	Petit matériel électrique (cosse, embout)	10.00	10.00
	3	Prise de laboratoire de sécurité brun, diam. 4mm	2.20	6.60
	3	Prise de laboratoire de sécurité noir, diam. 4mm	2.10	6.30
	3	Prise de laboratoire de sécurité gris, diam. 4mm	2.20	6.60
	1	Prise de laboratoire de sécurité bleu, diam. 4mm	2.10	2.10
	2	Prise de laboratoire de sécurité jaune/vert, diam. 4mm	2.10	4.20
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, brun, 150cm	8.30	24.90
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, noir, 150cm	8.20	24.60
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, gris, 150cm	8.30	24.90
	1	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, bleu, 150cm	8.20	8.20
	2	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, jaune/vert, 150cm	7.70	15.40
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, brun, 25cm	7.10	21.30
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, noir, 25cm	7.10	21.30
	3	Cordon de laboratoire, fiche diam. 4mm, gris, 25cm	7.10	21.30
	30	Borne individuelle gris	0.96	28.80
	5	Borne individuelle bleu	1.00	4.98
	15	Borne individuelle de conducteur de terre	8.74	131.10
	1	Interrupteur général de sécurité	49.00	49.00
	1	Arrêt d'urgence	28.00	28.00
	1	Alimentation à découplage pour montage sur DIN SDR / Mean Well	91.30	91.30

TOTAL	17'116.50
--------------	------------------

LISTE DES PARAMETRE REGEN

Paramètre	Description	Par défaut	Mémoire	Unité
00.00	Paramètre 0	0	0	
00.01	Préréglage de tension	700	700	
00.02	Gain Kp de la boucle de tension	4000	4000	
00.03	Déverrouillage du variateur de puissance	OFF	OFF	
00.04	Tension du bus CC	0	79	
00.05	Tension de sortie/alimentation	0	96	
00.06	État de régénération	SYNC	SYNC	
00.07	Mode redémarrage de régénération	del.triP	del.triP	
00.08	Fermeture du contacteur de précharge	0	0	
00.09	Contacteur réseau fermé	0	0	
00.10	Compensation d'anticipation de puissance	0.0	0.0	1/rad s-1
00.11	Fréquence de sortie/alimentation	0.0	0.0	
00.12	Courant total	0.00	0.00	
00.13	Courant actif	0.00	0.00	
00.14	Puissance de sortie/alimentation	0.00	0.00	
00.15	Puissance réactive d'alimentation	0.00	0.00	
00.16	Inductance d'entrée	0.000	6.736	
00.17	Réf. de courant réactif	0.0	0.0	
00.18	Sélection de logique positive	On	On	
00.19	Mode Entrée analogique 2 de T7	Volt	Volt	
00.20	Destination de l'entrée logique 2 de T7	3.10	3.10	menu.param
00.21	Mode Entrée analogique 3 de T8	Volt	Volt	
00.29	Données de paramètres SMARTCARD précé...	0	0	
00.30	Copie de paramètres	nonE	nonE	
00.31	Tension nominale du variateur	400	400	V
00.32	Courant nominal maximum Surcharge forte	9.50	9.50	
00.34	Code de sécurité utilisateur	0	0	
00.35	Mode de communication	rtu	rtu	
00.36	Vitesse de transmission	19200	19200	
00.37	Adresse communication série	1	1	
00.38	Gain Kp de la boucle de courant	90	90	
00.39	Gain Ki de la boucle de courant	2000	2000	
00.41	Fréquence de découpage maximum	3	8	
00.45	Constante de temps thermique	89.0	89.0	
00.46	Courant nominal du variateur Regen	9.50	9.50	A
00.48	Mode utilisateur du variateur	REgEn	REgEn	
00.49	État de sécurité	L1	L1	
00.50	Version du logiciel	1.15	1.20	
00.51	Action sur détection de mise en sécurité	0	0	

MENU 1 : REFERENCE DE FREQUENCE/VITESSE

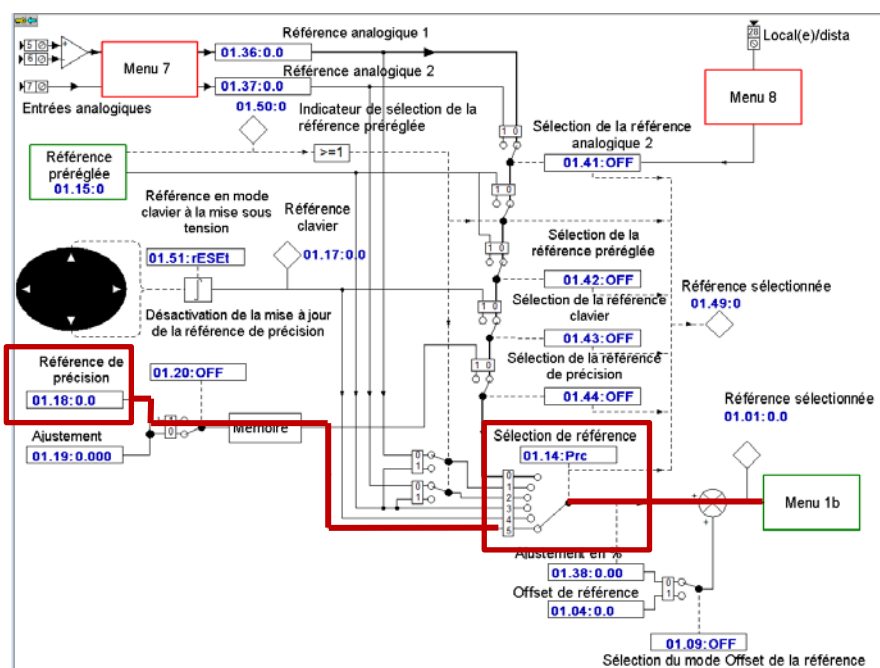


Figure 1 : Diagramme du Menu 1a : Référence de fréquence/vitesse

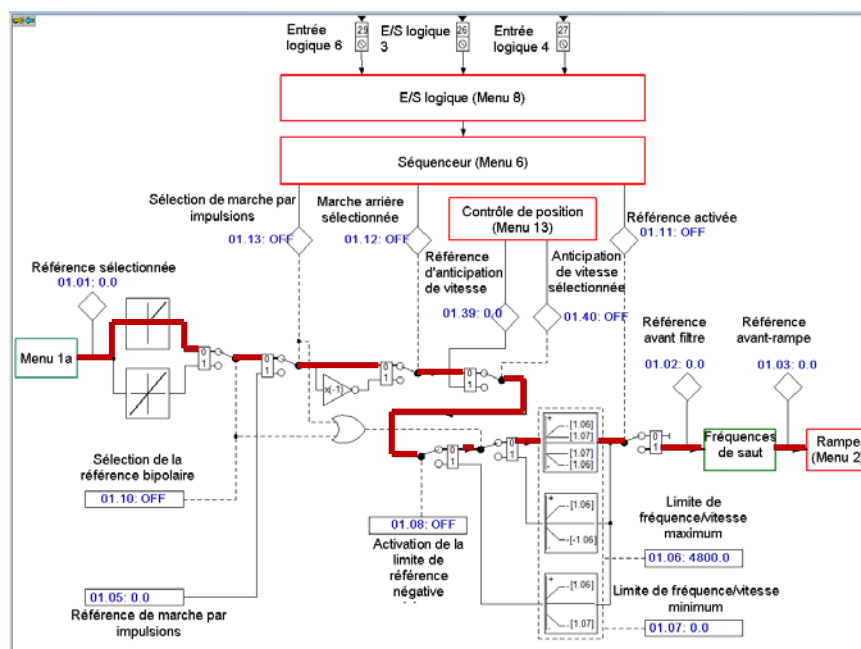


Figure 2 : Diagramme du Menu 1b : Référence de fréquence/vitesse

Pr. 01.18 : Référence de précision utilisée pour la référence de la vitesse

Pr. 01.14 : Sélection de la référence de précision (Prc)

Pr. 01.11 : Référence activée (en fonction de 6.33 et 6.34)

MENU 6 : SEQUENCEUR ET HORLOGE

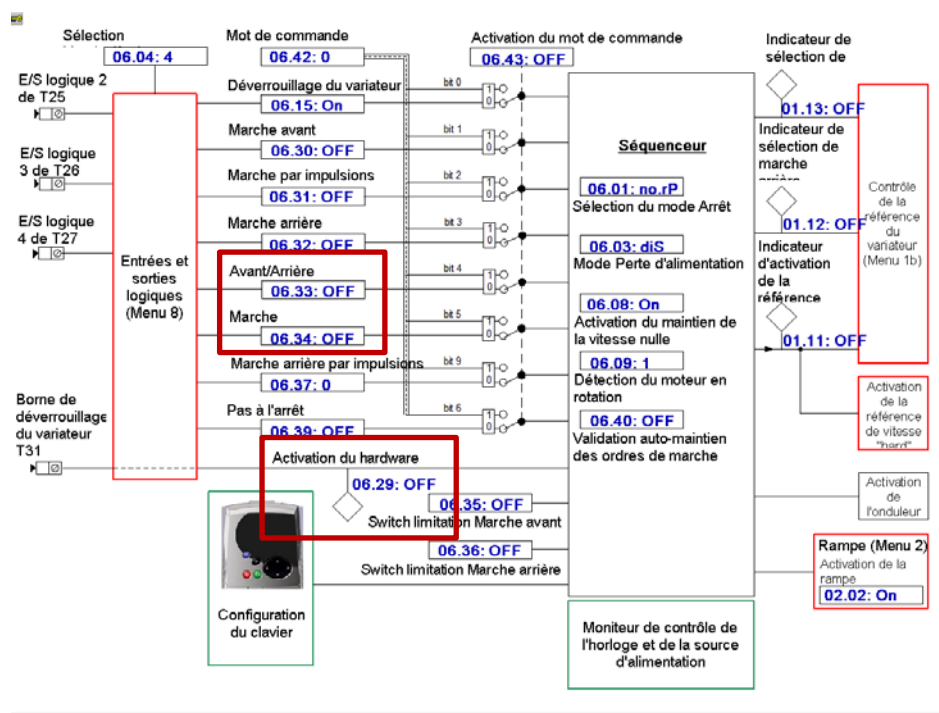


Figure 3 : Diagramme du Menu 6 : Séquenceur et horloge

- Pr. 6.33 : Avant/Arrière
Permet de sélectionner le sens de rotation du moteur
- Pr. 6.34 : Marche
Run/Stop du moteur
- Pr. 6.29 : Activation du hardware
Donne l'état de la borne de déverrouillage du variateur T31

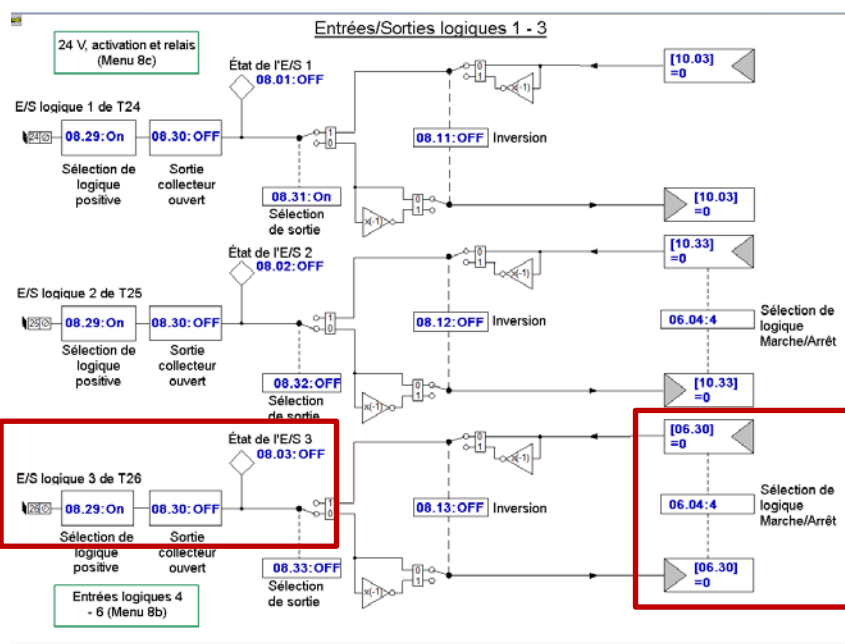


Figure 4 : Diagramme du Menu 8 : Digital I/O

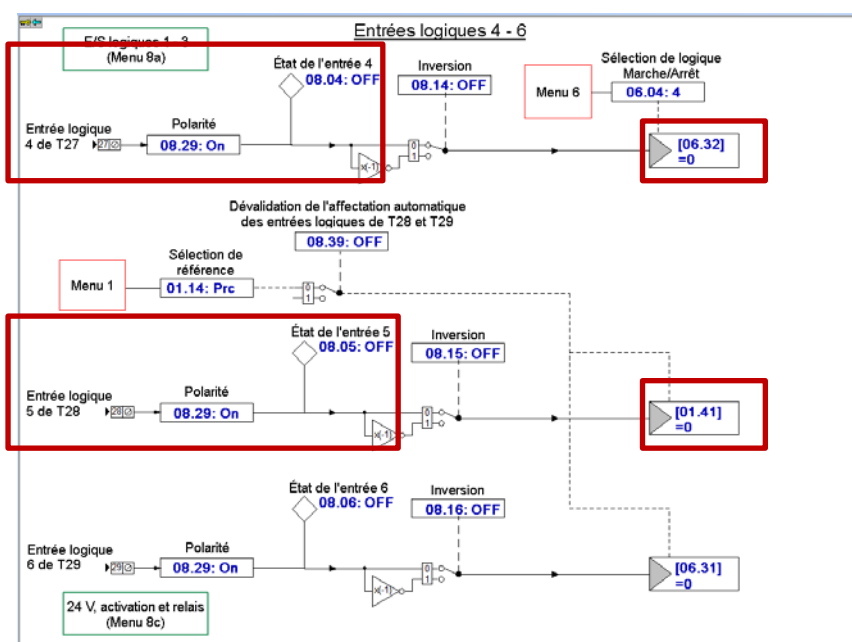


Figure 5 : Diagramme du Menu 8 : Digital I/O

- Pr. 8.03 : Etat de l'E/S 3 de T26
Relier la valeur de l'entrée logique 3 à la variable 06.30
- Pr. 8.04 : Etat de l'E/S logique 4 de T27
Relier la valeur de l'entrée logique 4 à la variable 06.32
- Pr. 08.05 : Etage de l'E/S logique 5 de T27
Relier la valeur de l'entrée logique 5 à la variable 01.41

MENU 8 : COUPLE ET CONTRÔLE DU COURANT

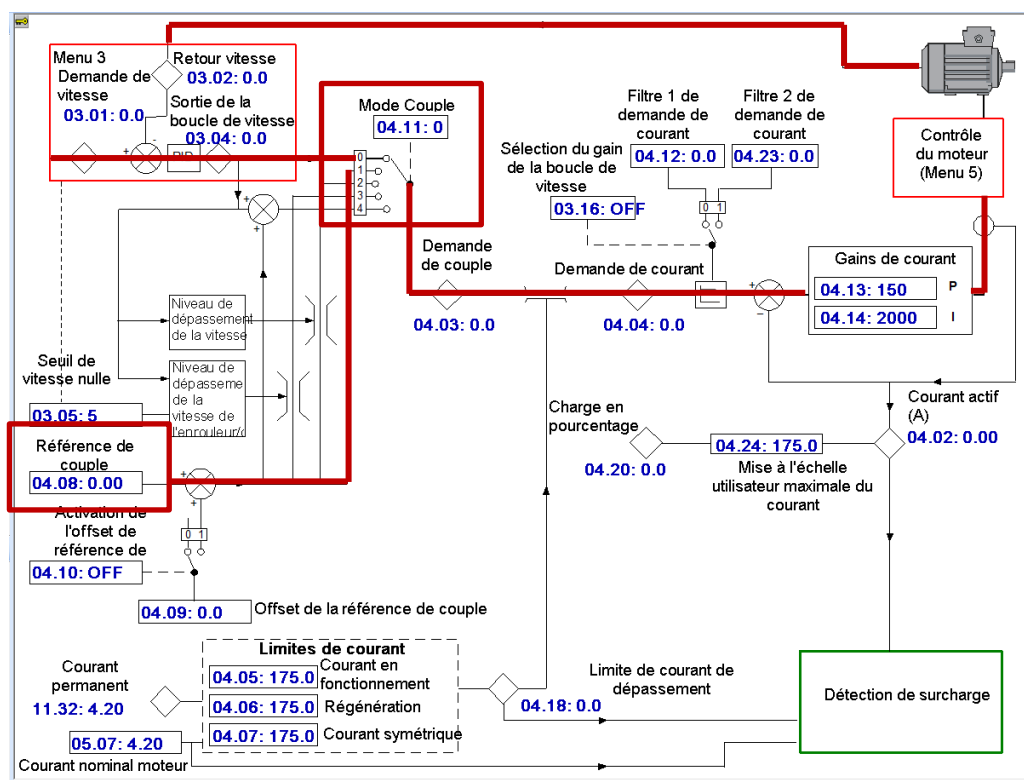


Figure 6 : Diagramme du Menu 3 : Couple et contrôle du courant

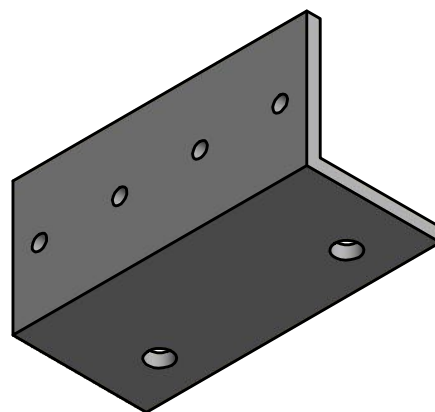
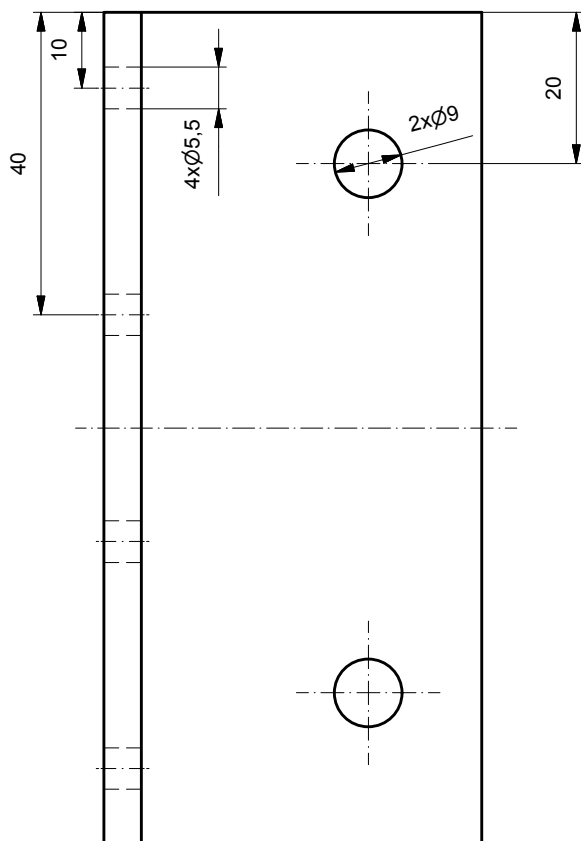
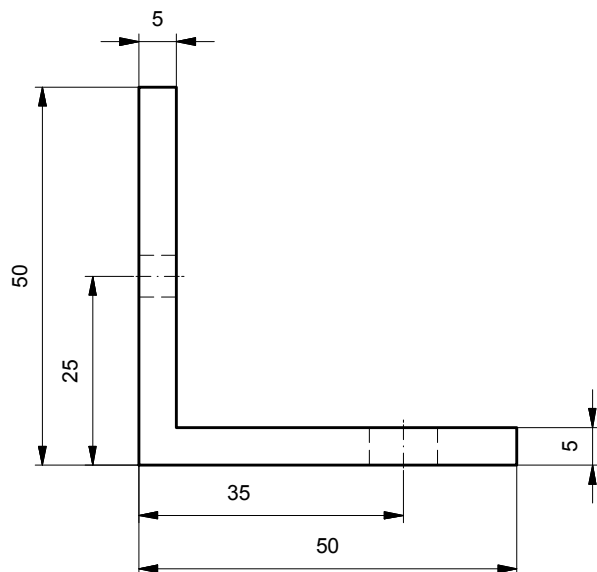
Pr. 4.10 : Référence de couple


Pr. 04.11 : Mode Couple

Variable permettant de modifier le mode de fonctionnement des moteurs :

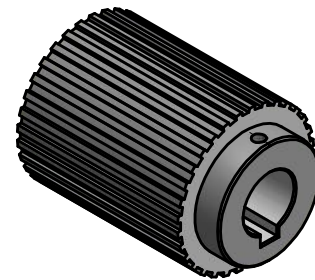
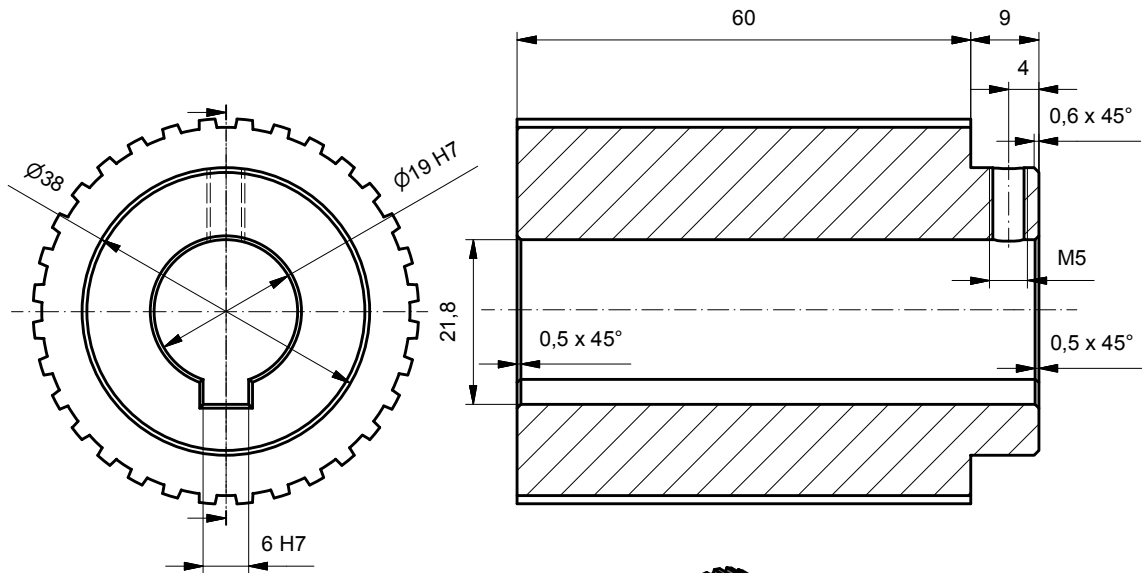
- 0 = Mode vitesse
- 1 = Mode couple

P208



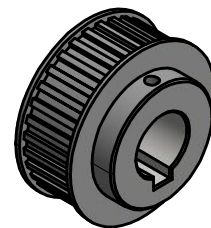
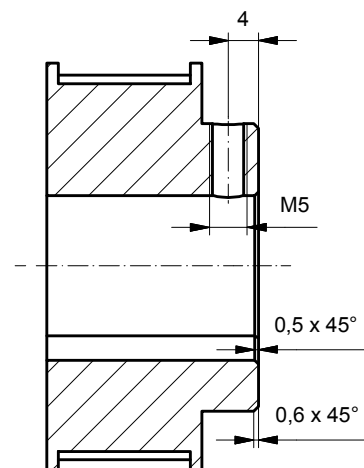
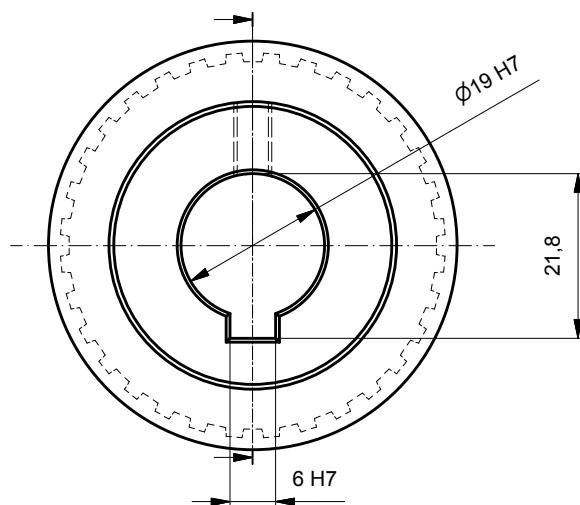
P208	1	Acier / Stahl	Profile en L			
Pos. Pos.	Quantité Menge	Matière Werkstoff	Dénomination / Caractéristiques Benennung / Merkmale			
Profile en L			Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	28.06.2013	Echelle Massstab
Pour fixation simulateur d'éolienne sur la table			Contrôlé Geprüft			1:1
Fichier P208_Profile_L.idw Datei						
Hes-so  VALAIS WALLIS						


P206



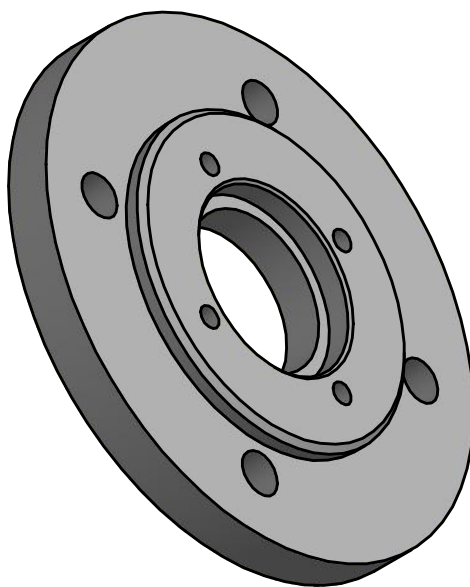
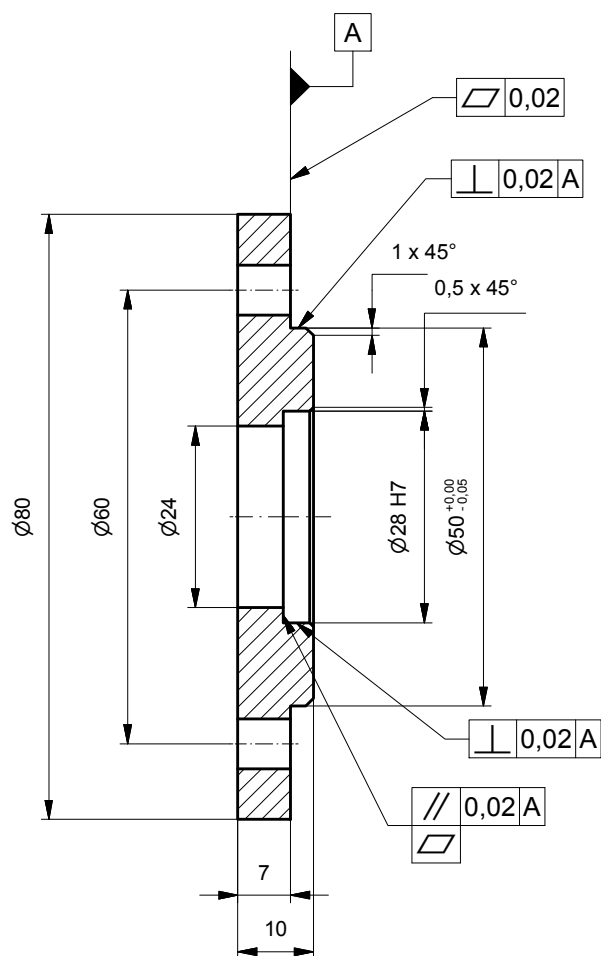
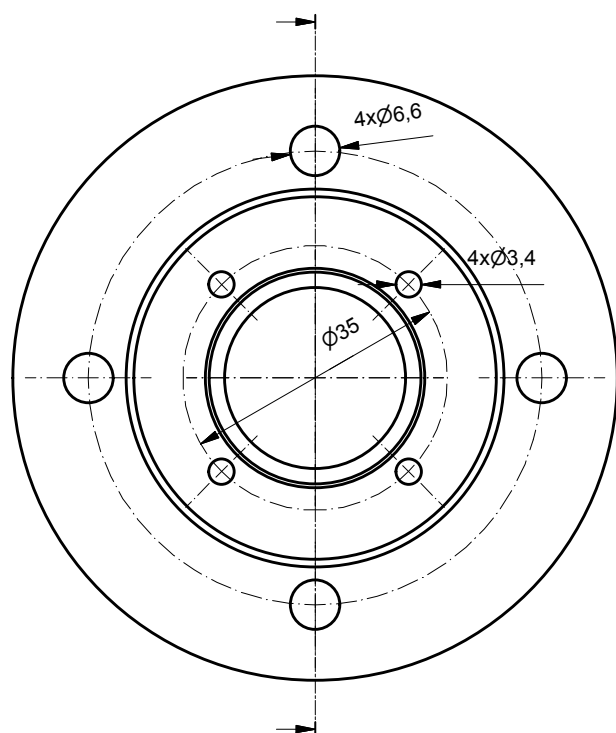
P207


Déjà usinée sauf alésage

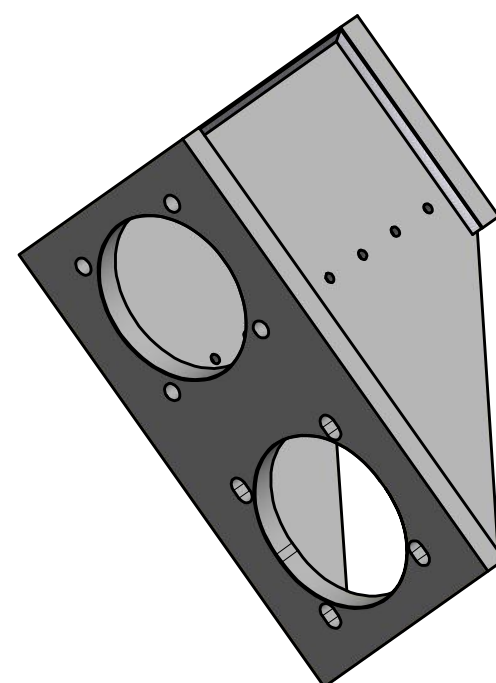
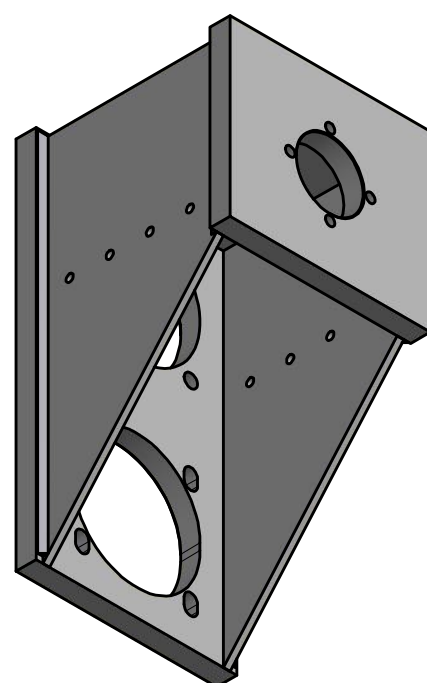
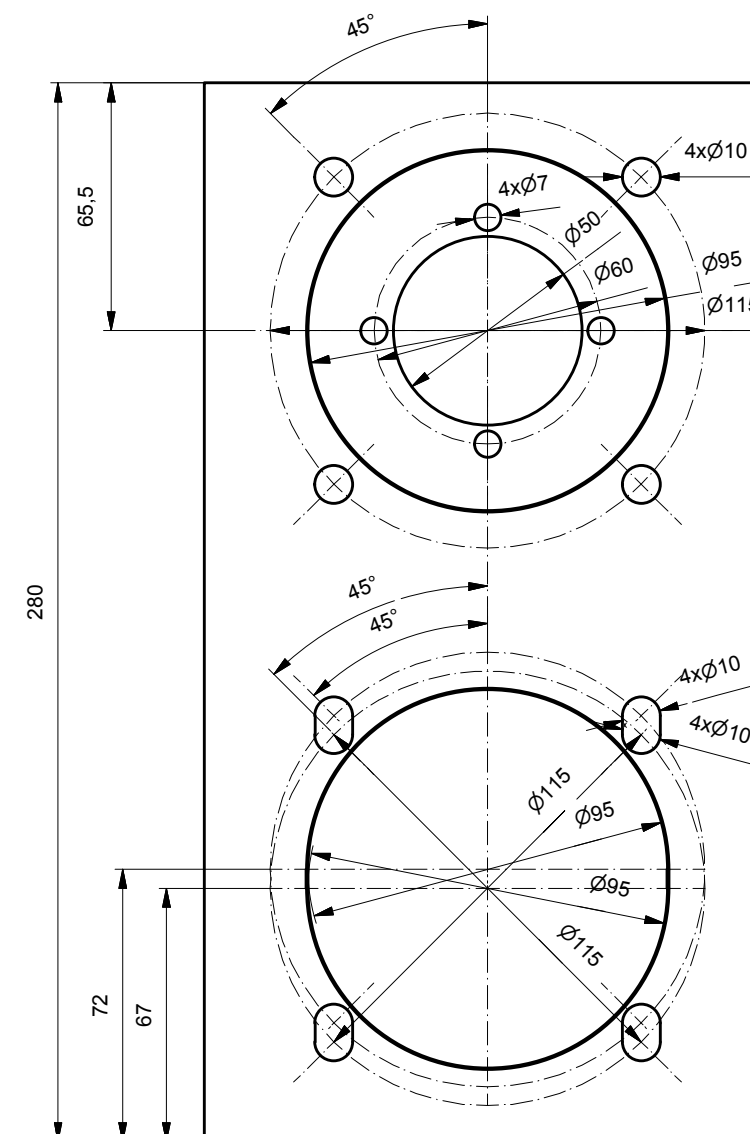
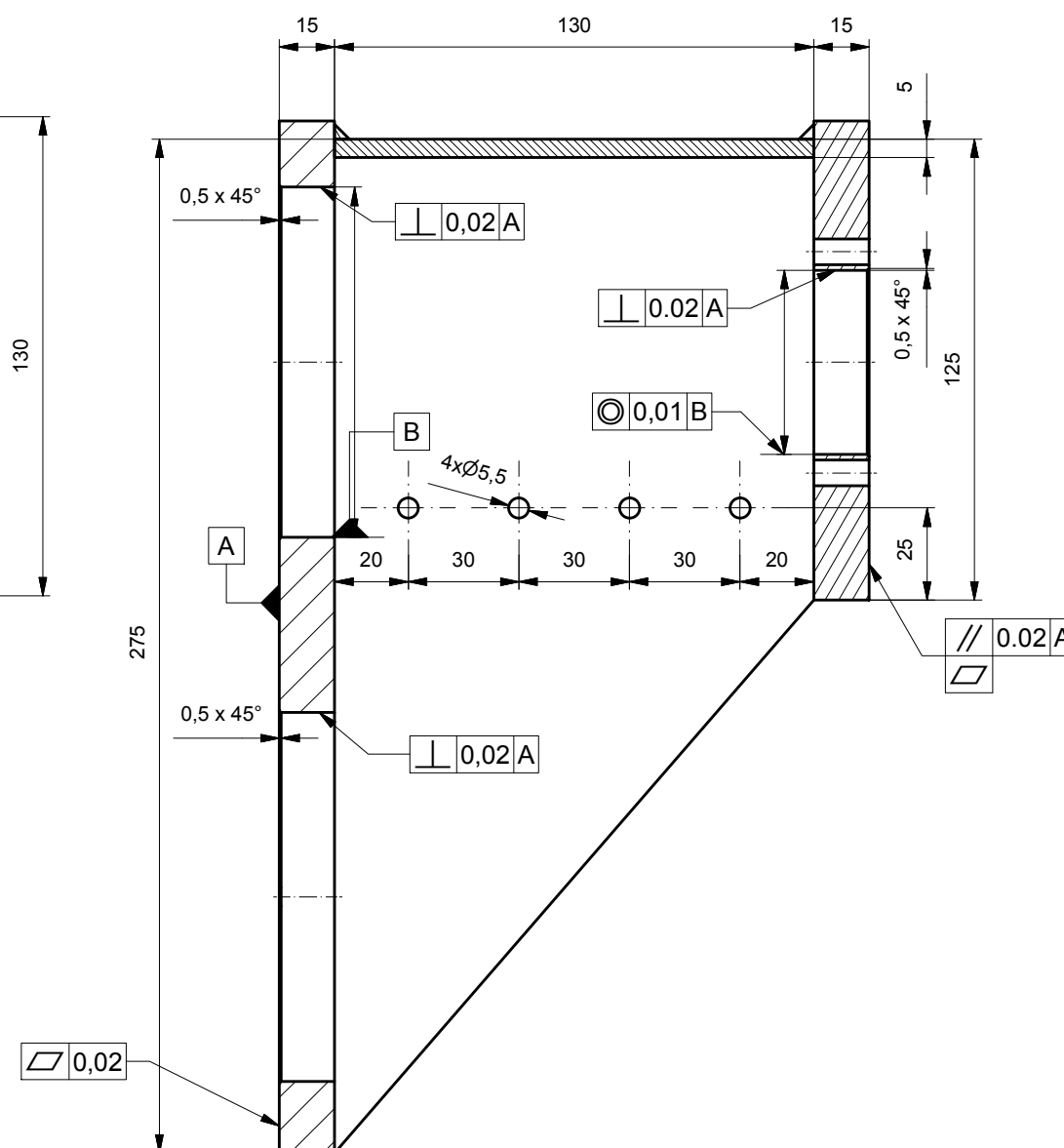
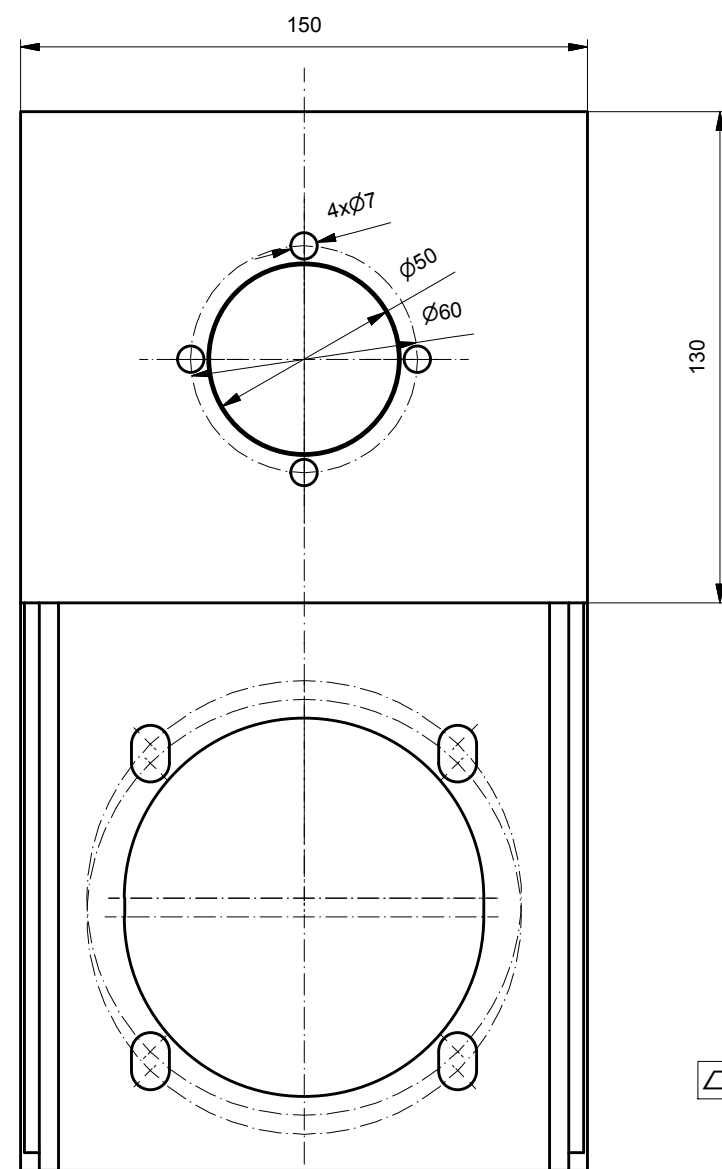


P207	1	Acier	Poulie avec flasque pour courroie dentée			
P206	1	Aluminium 6061	Barreau pour courroie dentée			
Pos. Pos.	Quantité Menge	Matière Werkstoff	Dénomination / Caractéristiques Benennung / Merkmale			
Barreau et Poulie avec flasque Pour Courroie Dentée			Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	24.05.2013	Echelle Massstab 1:1
			Contrôlé Geprüft			
Fichier poulie.idw Datei						
<div><div>Hes·so</div><div></div><div>VALAIS WALLIS</div></div>						

P204

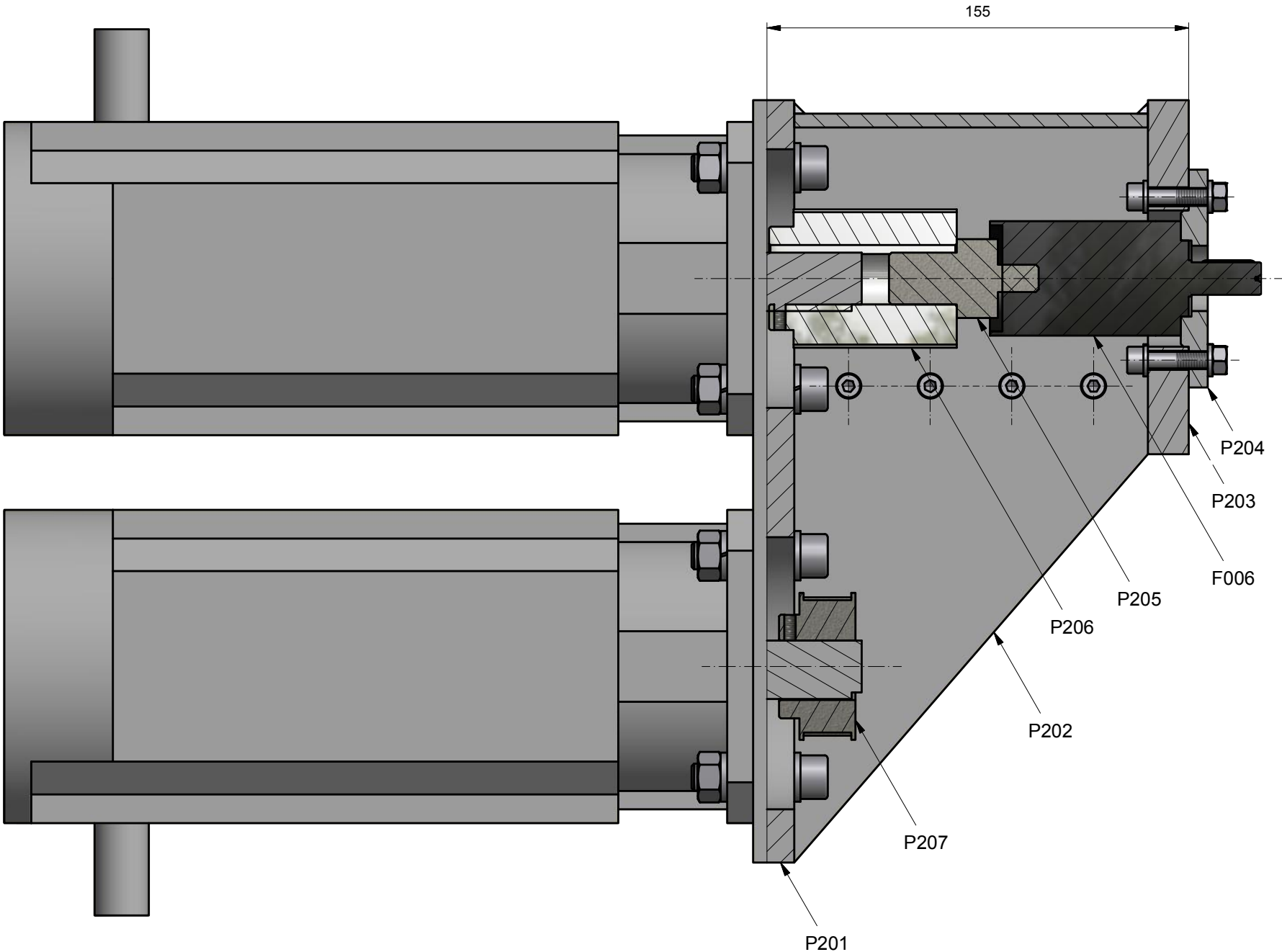
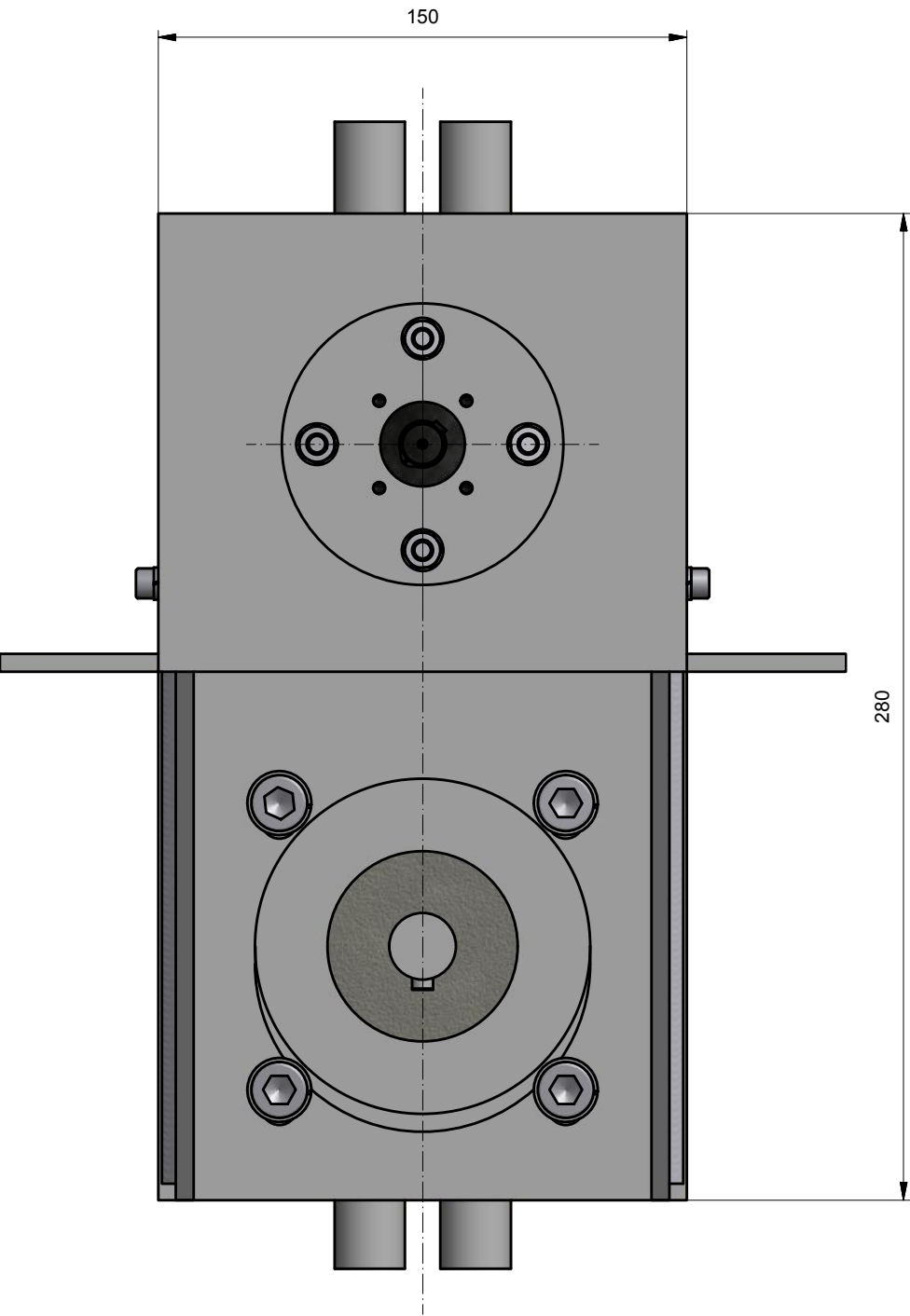


P204	1	Acier / Stahl	Flasque Réducteur			
Pos. Pos.	Quantité Menge	Matière Werkstoff	Dénomination / Caractéristiques Benennung / Merkmale			
Flasque fixation Réducteur			Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	24.05.2013	Echelle Massstab
			Contrôlé Geprüft			1:1
Fichier flasque_reducteur.idw Datei						
						



Tôle pliée: Epaisseur 5mm

P203	1	Acier / Stahl	Plaque de fixation du Réducteur		
P202	1	Acier / Stahl	Profil Carter Moteur		
P201	1	Acier / Stahl	Plaque de fixation Moteurs		
Pos. Pos.	Quantité Menge	Matière Werkstoff	Dénomination / Caractéristiques Benennung / Merkmale		
Carter			Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	24.05.2013
Pour fixation Moteurs et Réducteur			Contrôle Geprüft		Echelle Massstab 1:2
Fichier Datei			A004_Carter_Moteurs.idw		
Hes-so			VALAIS WALLIS		



Système Mecanique Simulateur d'éolienne	Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	23.05.2013	Echelle Massstab
	Contrôlé Geprüft			1:2
Fichier A003_assemblage_Pieces_Mecanique.idw Datei				
Hes·so VALAIS WALLIS				

DIMENSIONNEMENT/CALCULS DE LA COURROIE DENTEE

Pour déterminer correctement une transmission par courroies synchrones, il faut connaître les données suivantes :

- Puissance absorbée et type de machine entraînée : 1 [kW] / Générateur
- Vitesse de rotation du moteur : 2'000 [tr/min]
- Vitesse de rotation de la machine entraînée : 2'000 [tr/min]
- Entraxe approximatif de la transmission : minimum 130
- Nombre d'heure de fonctionnement par jour : jusqu'à 8h/jour ou saisonnier

1^{ère} ETAPE : FACTEUR DE SERVICE

Facteur de service = 1.4

La durée de vie d'une transmission par courroie dépend de son utilisation et de sa fonction :

Pour l'utilisation d'un galet tendeur : ajout de 0.2 au facteur de service

Pour un travail intermittent/saisonnier : déduire 0.2 au facteur de service

Pour une transmission multiplicatrice :

Rapport multiplicateur	Facteur additionnel
1 à 1,24	aucun
1,25 à 1,74	0,1
1,75 à 2,49	0,2
2,50 à 3,49	0,3
3,50 et dessus	0,4

2^{ème} ETAPE : PUISSANCE CORRIGEE

$$P_{\text{corrigé}} = \text{facteur de service} \times \text{puissance théorique}$$

$$P_{\text{corrigé}} = 1.4 \cdot 1[kW] = 1.4 [kW]$$

3^{ème} ETAPE : DETERMINATION DU PAS DE LA COURROIE

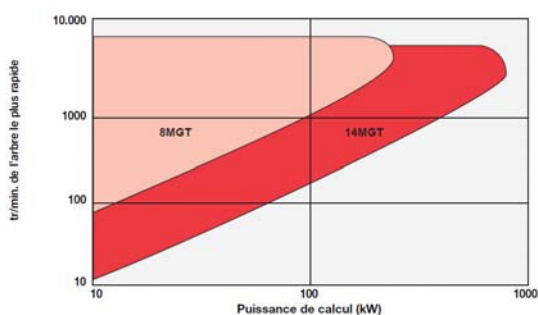


Figure 1 : Courroie PowerGrip GT2

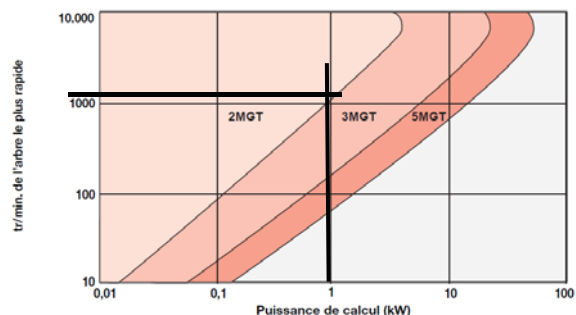


Figure 2 : Courroie PowerGrip GT

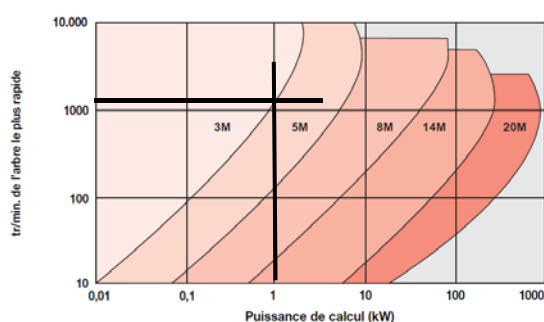


Figure 3 : Courroie PowerGrip HTD

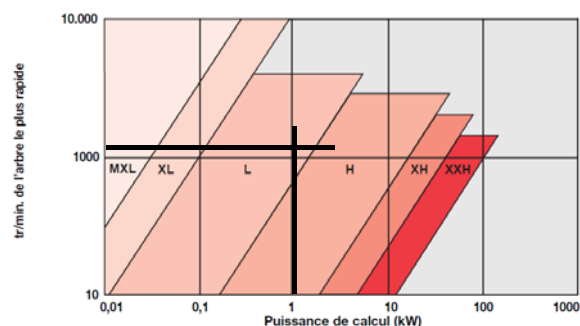


Figure 4 : Courroie PowerGrip

Les courroies GT2 sont principalement utilisées pour les grandes puissances, donc pas adaptée au système de modèle d'éolienne.

4^{ème} ETAPE : COMBINAISON DES POULIES ET ENTRAXE

COURROIE	ENTRAXE [mm]	NBR DE DENT
GT3 MGT (GT3 MR)	129	44
HTD 5M	135	36
L	123.8	14

5^{ème} ETAPE : LARGEUR DE LA COURROIE

COURROIE	NBR DE DENT	VITESSE [rpm]	PUISSANCE [W]	Facteur de correction de largeur	LARGEUR COURROIE
GT3 MGT (GT3 MR)	44	1000	433 (818.37)	1.89	15
		2000	735 (1390)	1.89	
HTD 5M	36	1000	485 (916.65)	1.89	15
		2000	794 (1500)	1.89	
L	14	1000	540	100	100
		2000	1080	100	

Planetary Gearhead GP 42 C Ø42 mm, 3 - 15 Nm, Ceramic Version

Ceramic Version

Part number 203125



Enlarge image

Compare product

Add to wish list

Make a request

Send to a colleague

Print specifications

Price scales

Price per unit	1-4	CHF 287.80
	5-19	CHF 247.20
	20-49	CHF 202.80
	from 50	On request

Prices excluding VAT

Gears can be purchased only as a component of a combination.

[Start combination](#)
Description

Precision spur- and planetary gearheads matched to maxon motors. Gears are advantageously adapted directly to the desired motors in the delivery plant. The motor pinion is the input gearwheel for the first stage and is rigidly affixed to the motor shaft.

Specifications**General information**

Gear Art	GP
Outer diameter	42 mm
Gear variant	C

Gearhead Data

Reduction	91 : 1
Reduction absolute	91/1
Max. motor shaft diameter	10 mm
Number of stages	3
Max. continuous torque	15 Nm
Intermittently permissible torque at gear output	22 Nm
Sense of rotation drive to output	=
Max. efficiency	72 %
Weight	460 g
Average backlash no load	1 °
Mass inertia	15 gcm ²
Gearhead length (L1)	70 mm
Max. transferable continuous performance	140 W
Max. transferable short-time performance	200 W

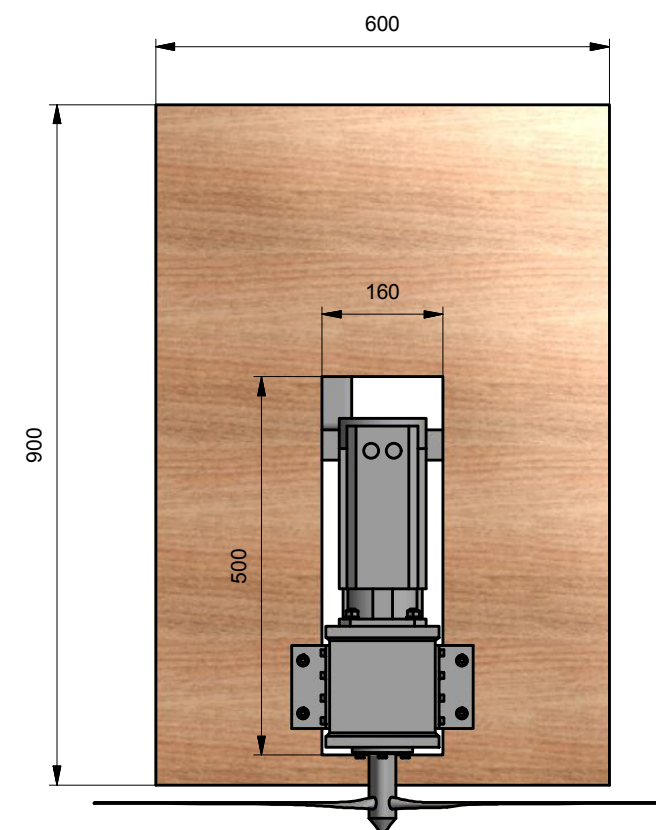
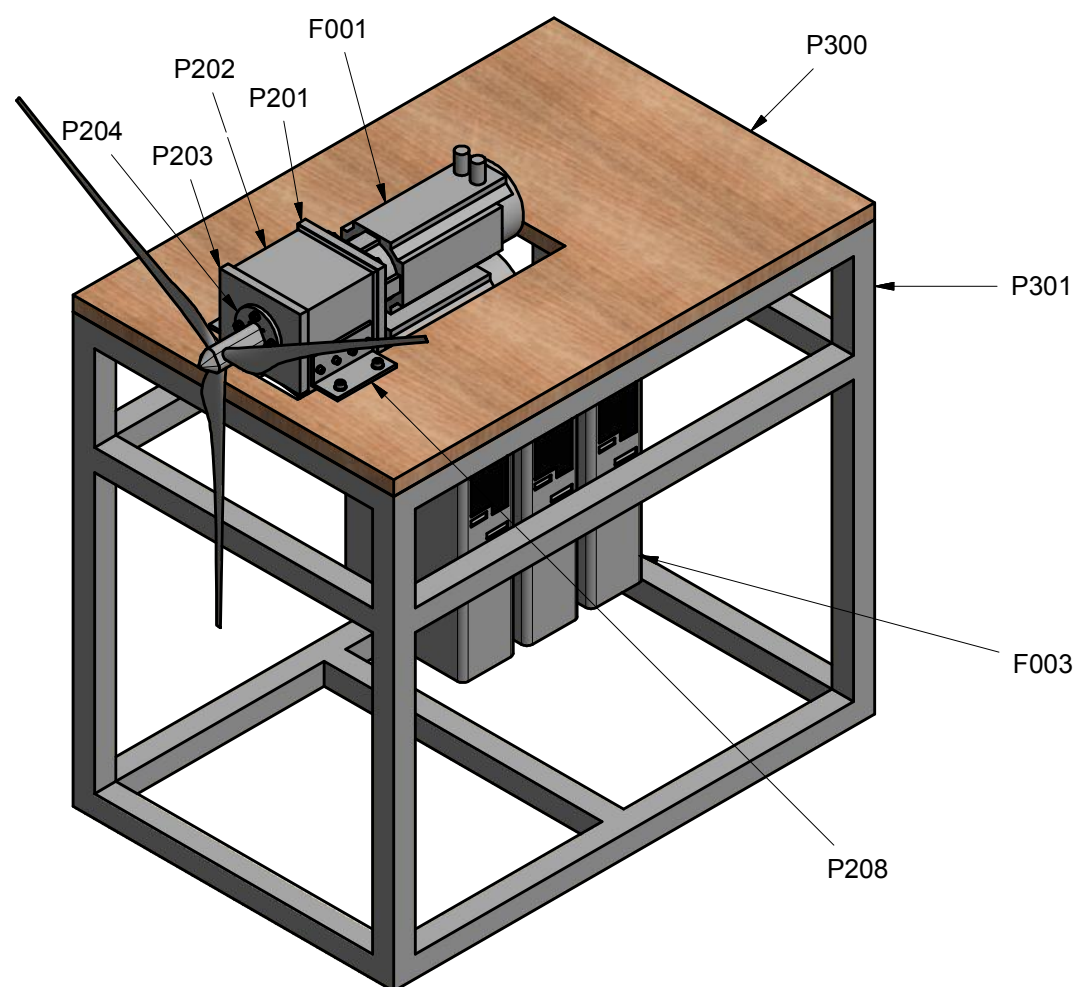
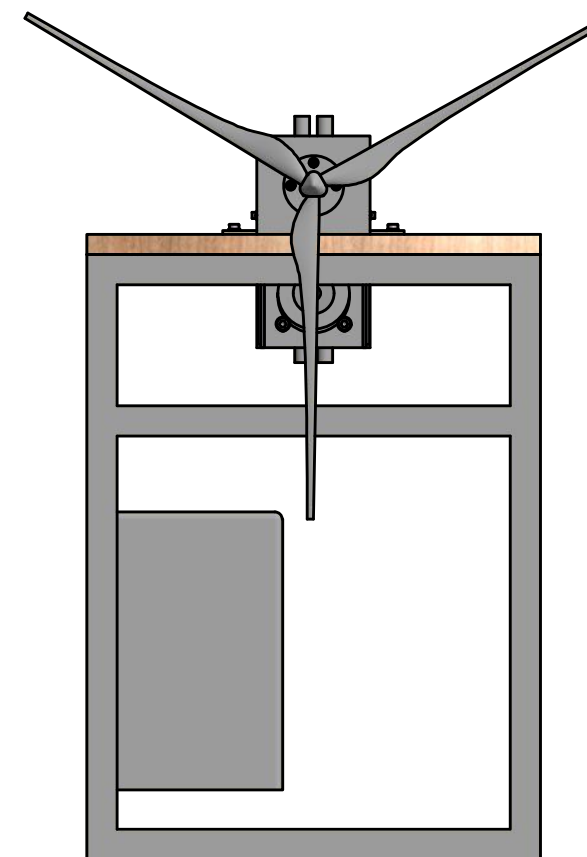
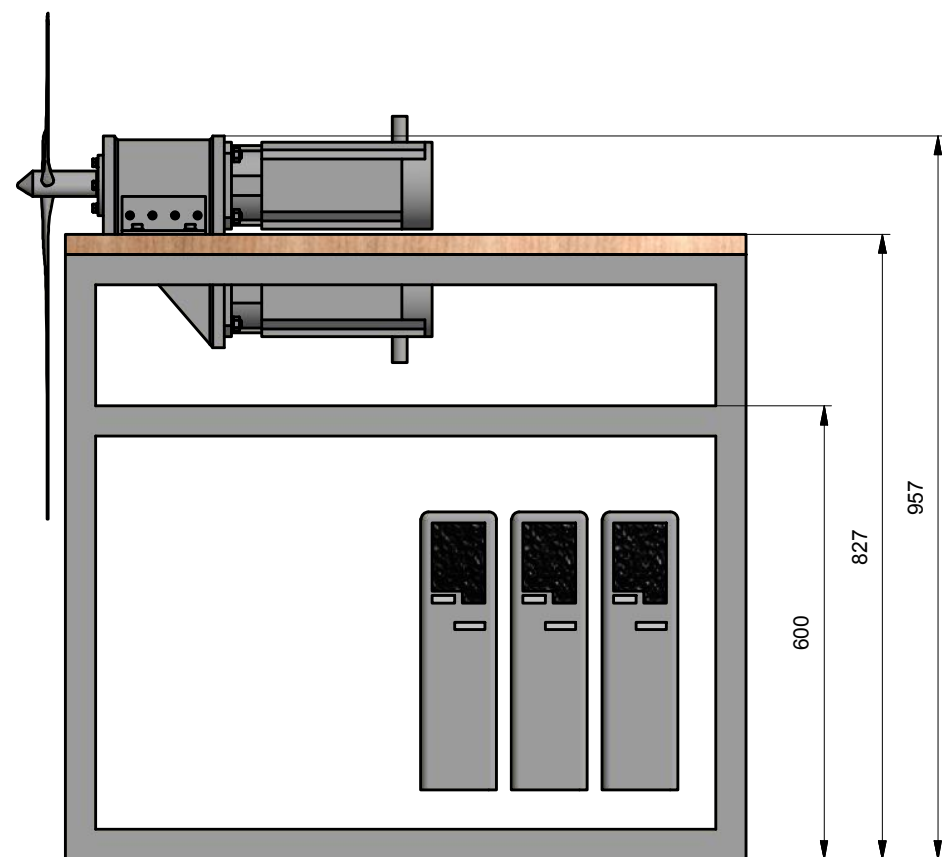
Technical Data

Radial play	max. 0.06 mm, 12 mm from flange
Axial play	max. 0.3 mm
Max. radial load	150 N, 12 mm from flange
Max. axial load (dynamic)	150 N
Max. permissible force for press fits	300 N
Recommended input speed	8000 rpm
Max. short-time input speed	8000 rpm
Recommended temperature range	-40...+100 °C
Number of autoclave cycles	0

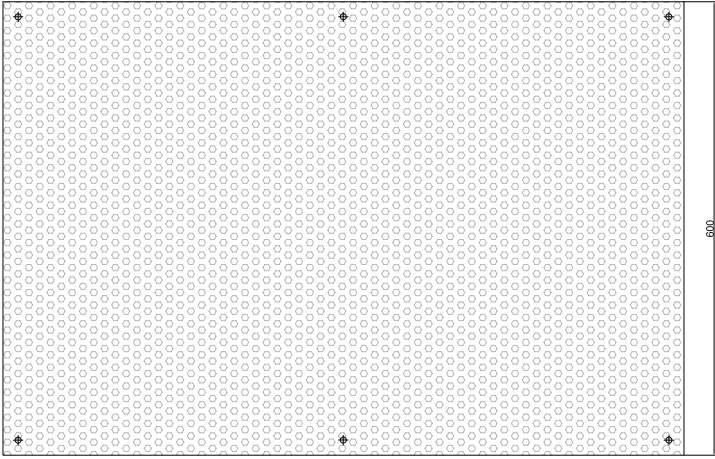
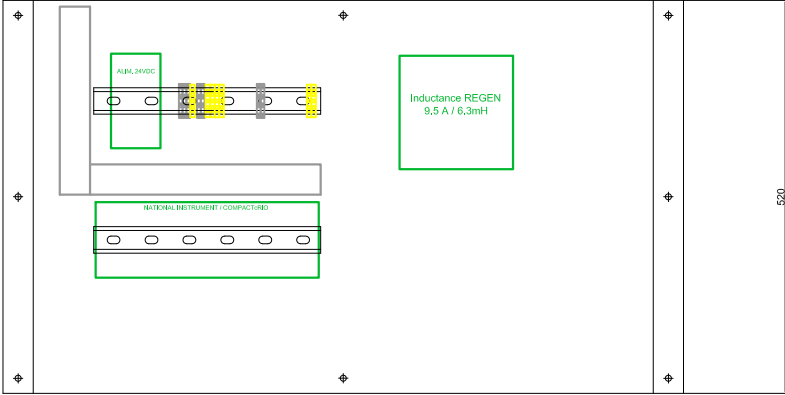
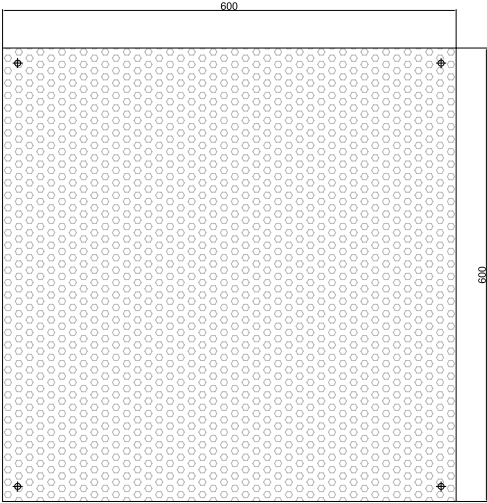
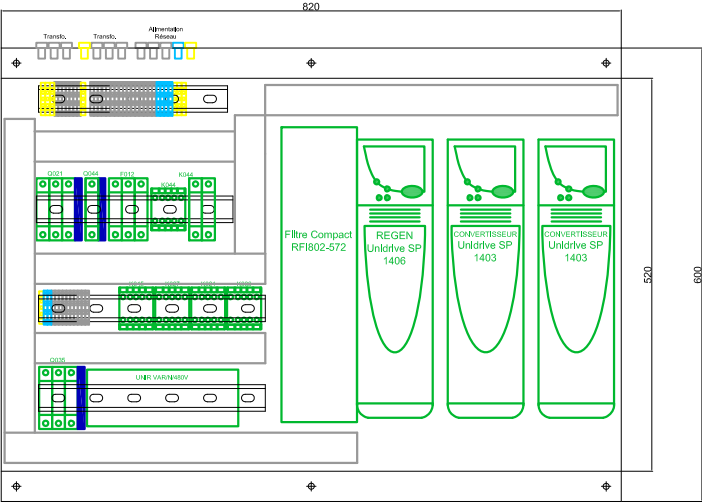
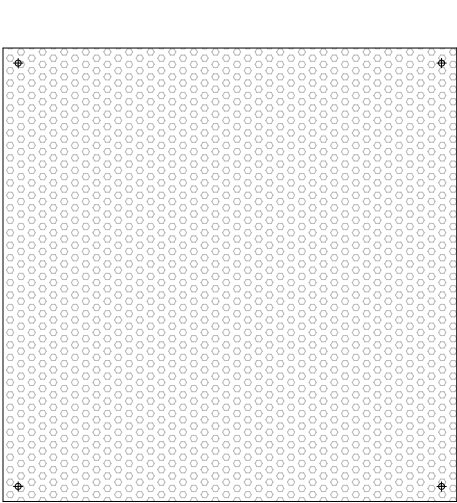
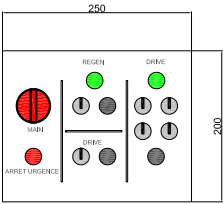
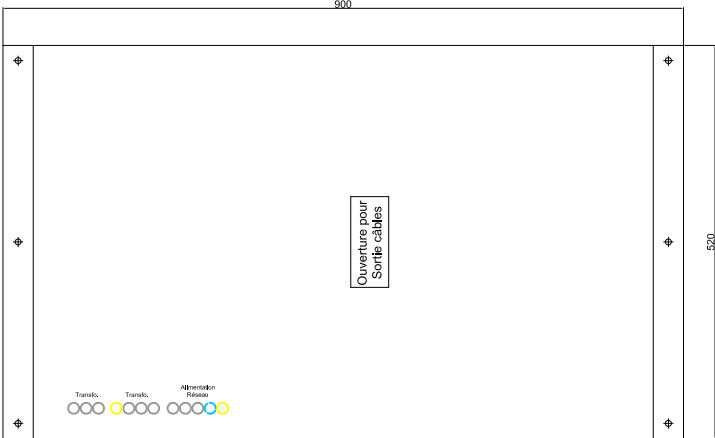
Downloads
Catalog page

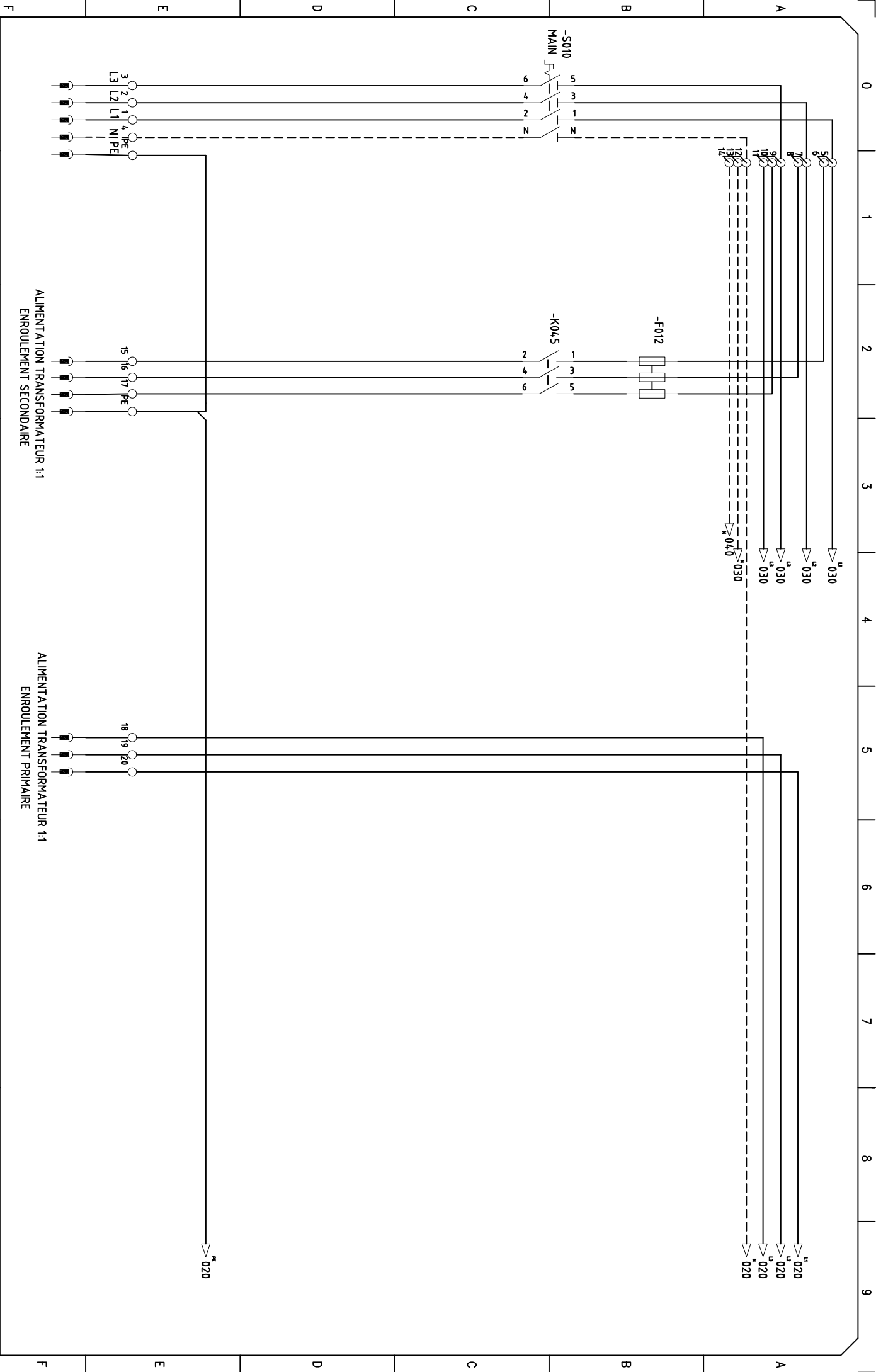
- [Catalog pages \(deutsch, PDF 764 KB\)](#)
- [Catalog page \(englisch, PDF 489 KB\)](#)

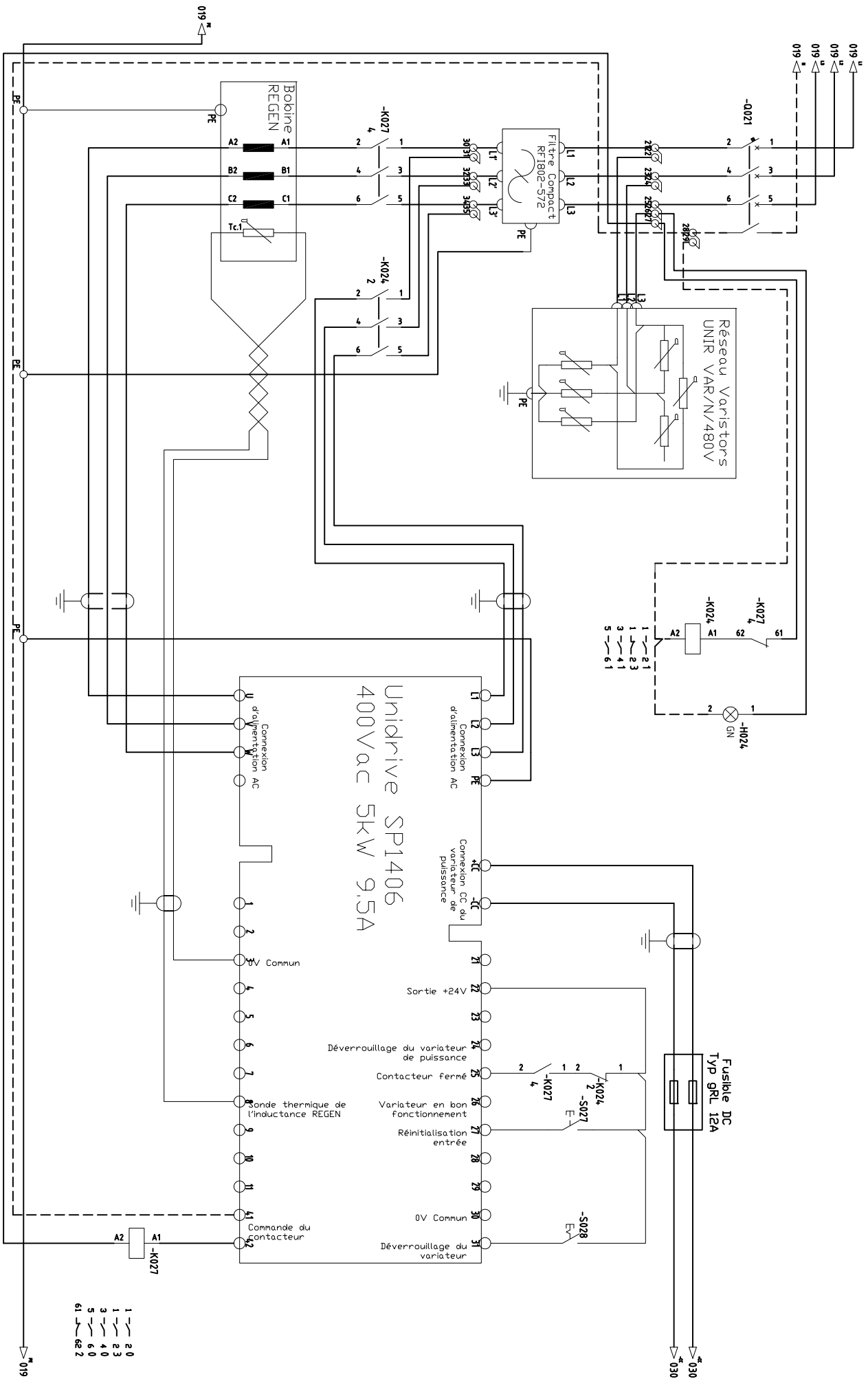
Version 2013
Version 2013



Assemblage Système Simulateur Eolienne	Dessiné Gezeichnet	Gabathuler Shadya	06.07.2013	Echelle Massstab
	Contrôlé Geprüft			1:10
Fichier A001_Assemblage_Systeme.idw Datei				
Hes·so VALAIS WALLIS				

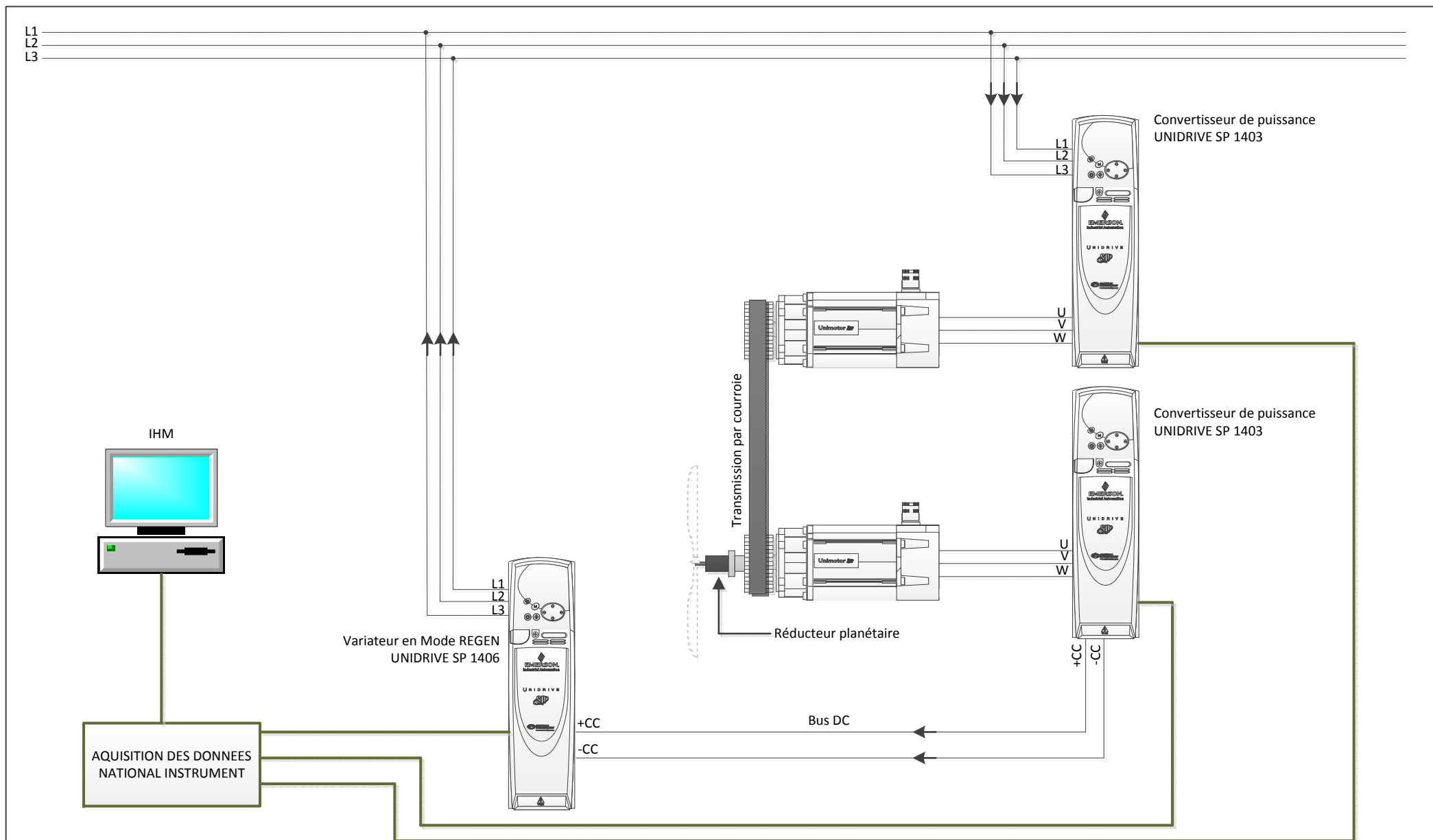






Dates :	Contrôlé par :	Approuvé par :	PROJET: Modèle d'éolienne		Hes-so/Valais Wallis		Page: 02 / 02	
05.06.2013	Gabathus	Control Technique	Titre 1: Schéma Electrique		Haute Ecole d'Ingénierie			
02.07.2013	Gabathus		Titre 2: Alimentation REGEN					

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



<div> <div>Hes·SO VALAIS WALLIS</div> </div>		REVISIONS				
		VERSION	DATE	MODIFICATION	PAR	CONTROLE
DESSIN	SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME	01	30.05.2013	Schéma principe	Gabathus	
		02	04.07.2013	Schéma principe	Gabathus	
PROJET	MINI EOLIENNE	ECHELLE		Annexe 7	SHEET	01

Fiche de Données Techniques pour 115U2B300VACAA115190

Version 4.05

Performances moteur à Δt 100°C. Température ambiante maximum 40°C.			
Toutes les données ont une tolérance de +/- 10%		Kt, Ke et courant au calage donnés à une température moteur de 20°C	
Couple permanent au calage (Nm)	6.14	Kt (Nm/A)	1.60
Couple crête standard (Nm)	19.80	Ke (V/krpm)	98.00
Inertie standard (kgcm ²)	6.7	Couple nominal (Nm)	5.12
Constante de temps thermique (S)	185	Courant au calage (A)	3.91
Masse sans frein (kg)	9.70	Puissance nominale (kW)	1.61
Nombres de pôles	6	Résistance (Ohms)	3.86
		Inductance (mH)	21.57

Fréquence de découpage	6kHz	Declassement Fréquence de découpage appliqué	0.93
Tension moteur	400(VAC)		
Câble de puissance SP 1 - 4	PSBGFA		
Câble de puissance DST et SP0	PSBGHA		
Câble capteur	SIBAAA		
Capteur vitesse/position	Encoder	4096ppr 5V	

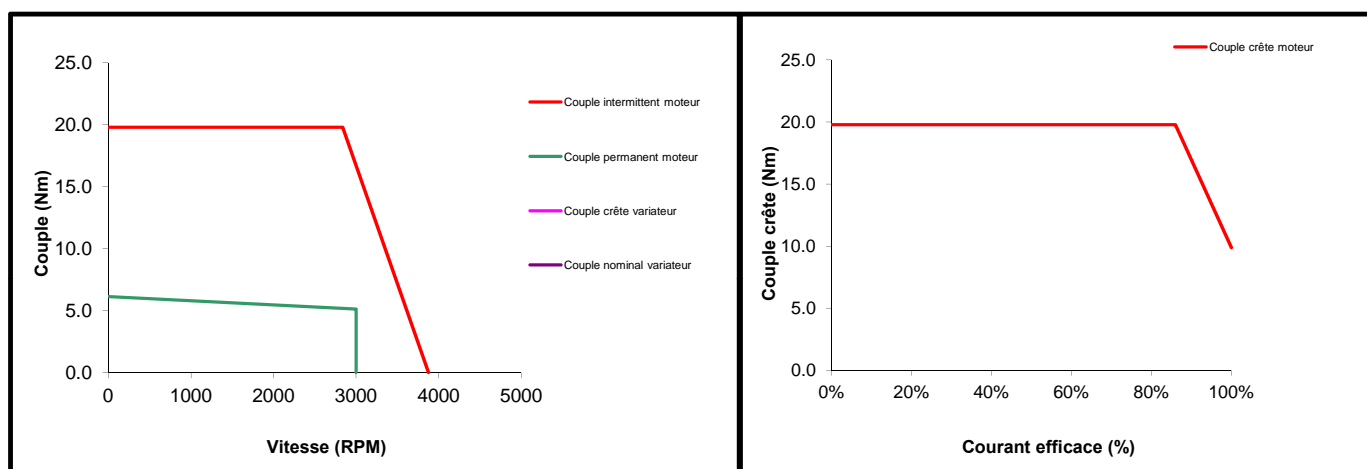
Aucun variateur sélectionné	

Spécifications client	
Réf. client:-	HES-SO Valais
Spécifications commande:-	
Date:-	15.04.2013

Courbe de performance

Courbe Couple/Vitesse

courbe du couple crête (période max. de 250ms, 3000t/min)

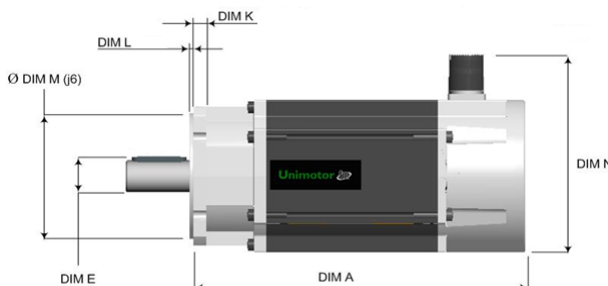
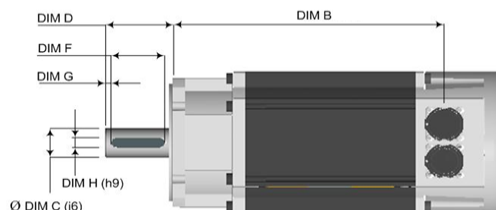
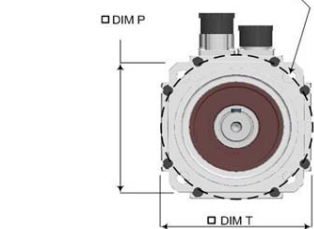


Informations dimensionnelles

Le moteur représenté est une taille 115

Note: Les dimensions de la clavette (Dim E, F, G et H) sont applicables aux produits clavetés uniquement

4 trous Ø R (H14) pour fixation sur diamètre primitif Ø S



Pour les connecteurs verticaux, prévoir un espacement de 175,0mm environ pour le raccordement du câble

Type moteur = 115B Std		mm
Longueur moteur sans frein	A (± 0.9)	275.2
	B (± 1.0)	232.0
Épaisseur bride	K (± 0.5)	9.6
Profondeur centrage	L (± 0.1)	2.8
Diamètre centrage	M (j6)	95.0
Hauteur totale	N (± 1.0)	149.0
Bride carrée	P (± 0.2)	105.0
Diamètre des trous de fixation	R (H14)	10.0
Diamètre primitif des trous de fixation	S (± 0.4)	115.0
Largeur carter moteur	T (± 0.6)	115.0
Vis de fixation		M8

Taille bout d'arbre = 19.0 Std		mm
Diamètre bout d'arbre	C (j6)	19.0
Longueur bout d'arbre	D (± 0.45)	40.0
Hauteur clavette	E (+0.009 / -0.134)	21.5
Longueur clavette	F (± 0.25)	32.0
Distance clavette à bout d'arbre	G (± 1.1)	3.6
Largeur clavette	H (h9)	6.0
Diamètre trou bout d'arbre	I	M6x1.0
Profondeur trou fileté	J (± 1.0)	17.0

(Bien que les dimensions soient exactes, le schéma est seulement une représentation et non une image fidèle du moteur)

Les informations contenues dans cette fiche technique sont uniquement données à titre indicatif et ne constituent pas une forme de contrat. Moteurs Leroy-Somer ne sera pas tenu pour responsable des éventuelles erreurs ou omissions et se réserve l



EMERSON[™]
Industrial Automation

Unidrive

Variateur AC universel
Plate-forme de solutions

0,37 kW à 1,9 MW
200 V / 400 V / 575 V / 690 V



**CONTROL
TECHNIQUES**

www.controltechniques.com

Le variateur AC suprême

Les technologies performantes et la souplesse vous favorisent dans la réalisation de projets novateurs, en créant des opportunités d'innovation, d'identification de meilleures méthodes de commande pour vos applications, d'augmentation des vitesses, d'amélioration des processus et de réduction d'encombrement de votre système. La gamme de variateurs intelligents hautes performances Unidrive SP de Control Techniques vous offre tous ces avantages. Le variateur AC suprême.



Une gamme pour toutes les puissances

Unidrive SP est une gamme complète de variateurs pour l'automatisation, dans une plage de puissances qui va de 0,37 kW à 1,9 MW. Tous les variateurs partagent la même interface de commande souple, quelle que soit leur puissance nominale. Les différents modèles sont proposés en trois versions : montage en armoire, armoire autonome et modulaire.

Montage en armoire : variateurs standards de 0,37 kW à 132 kW

Les variateurs Unidrive SP montés en surface sont des modules standards avec entrée AC et sortie AC destinés à être installés dans une armoire de commande. Les modules sont faciles à installer et à mettre en service, et peuvent être utilisés dans un large éventail d'applications.

NOUVEAU : l'Unidrive SP taille zéro est le dernier-né de la gamme des variateurs pour montage en surface. Il réduit la taille du variateur de 60 % pour tous les moteurs de 0,37 kW à 1,5 kW. Le nouveau modèle présente de nombreuses similitudes avec les autres variateurs de la gamme Unidrive SP : il possède le même jeu de paramètres, la même commande de moteur universelle et la même interface utilisateur que le reste de la gamme Unidrive SP.



Armoire autonome : variateurs de 90 kW à 675 kW prêts à l'emploi

L'Unidrive SP monté en armoire autonome est une solution clé en main avec un variateur entièrement équipé monté dans une armoire de taille standard. Ces modèles autonomes peuvent être commandés équipés de tout le matériel nécessaire afin de permettre un raccordement direct et une connexion immédiate au moteur et à l'alimentation.

Unidrive SP modulaire : système de puissance souple de 45 kW à 1,9 MW

L'Unidrive SP modulaire offre une souplesse de conception maximale. Les variateurs peuvent être connectés entre eux selon de multiples configurations afin de créer des systèmes de bus DC commun, d'activer le système d'alimentation pour renvoyer l'énergie excédentaire au réseau et de monter des variateurs en parallèles pour les moteurs de haute puissance. Tous les variateurs sont compacts, ce qui facilite leur manipulation.



Caractéristiques de l'Unidrive SP

Smartcard pour le stockage ○
des paramètres, des
programmes PLC et des
commandes de mouvement

Rail de marquage ○
d'identification du
variateur

Clavier en option, disponible ○
avec affichage LED haute
luminosité ou LCD multilingue
pour texte simple

Port de communication ○
Modbus pour la programmation
PC et interfaçage avec les
périphériques

Capot* ○

Système de gestion des câbles ○
robuste offrant un point de mise
à la terre pour les câbles de commande
et d'alimentation blindés



* Les équipements et leurs emplacements varient
selon les tailles de variateurs.



○ Capot pour le bus DC, l'alimentation basse tension et le filtre CEM intégré

○ Voyant de mise sous tension / état du variateur

○ Radiateur en aluminium : possibilité de montage du variateur en surface ou encastré afin d'évacuer la chaleur hors de l'enceinte *

○ 3 modules optionnels pour la communication, E/S, dispositifs de rétroaction supplémentaires et contrôleurs d'automatisation/mouvement *

○ Raccordements des signaux de commande sur bornes débrochables

○ Raccordements de la puissance sur bornes débrochables *

○ Port pour codeurs universels supportant les codeurs incrémentaux, SinCos, SSI, EnDAT et HIPERFACE

Montage en surface, variateur encastré - Page 20

Variateur AC et servo hautes performances pour applications de puissance standard



Variateur monté en armoire autonome - Page 18

Armoire de variateur AC entièrement équipée pour applications standard de puissance élevée



Variateur modulaire - Page 19

Variateur AC modulaire hautes performances pour applications spécifiques de puissance élevée



Tension (V)	Puissance		
	Montage en surface Encastré	Armoire autonome	Modulaire
200 - 240 1 ph	0,37 - 1,5 kW	-	-
200 - 240 3 ph	0,37 - 45 kW	-	45 - 950 kW
380 - 480 3 ph	0,37 - 132 kW	90 - 675 kW	90 - 1 900 kW
500 - 575 3 ph	2 - 150 HP	125 - 700 HP	125 - 1750 HP
500 - 690 3 ph	15 - 132 kW	90 - 660 kW	90 - 1800 kW

Solution adaptée à tous les moteurs, tous les codeurs

L'Unidrive SP offre une commande hautes performances des moteurs à induction, des servomoteurs asynchrones et synchrones. La sélection du mode de commande s'effectue simplement à l'aide du clavier du variateur.

- **Servo** : précision, commande dynamique prenant en charge un large éventail de moteurs rotatifs et linéaires
- **Mode Vectoriel** en boucle fermée : commande de précision des moteurs à induction, offrant l'intégralité du couple moteur à vitesse nulle (zéro)
- **Mode RFC (Commande de flux du rotor)** : performances dynamiques et stabilité supérieures, sans dispositif de rétroaction
- **Mode vectoriel en boucle ouverte** : excellentes performances moteur en boucle ouverte avec une configuration minimale
- **Mode de commande U/F en boucle ouverte** : simple algorithme de commande, idéal pour les moteurs en parallèles
- **Mode régénératif** : mode de commande à frontal actif pour l'élimination des harmoniques et la régénération

L'Unidrive comprend le matériel nécessaire pour assurer sa connexion à pratiquement tous les systèmes de rétroaction, permettant au concepteur de choisir la technologie la mieux adaptée à son application :

- **Incrémental** : offre un bon rapport coûts/performances.
- **SinCos** : fournit une résolution de position accrue pour les applications de précision et à basse vitesse.
- **SSI** : fournit un retour de position absolue.
- **EnDat et HIPERFACE** : ces codeurs transfèrent les données de position par un réseau de communication haut débit, et sont souvent associé à la technologie SinCos.



EtherCAT

Ajoutez les fonctions supplémentaires dont vous avez besoin

Les modules optionnels enfichables vous permettent de personnaliser le variateur. Plus de 25 options sont disponibles, parmi lesquelles bus de terrain, Ethernet, E/S, dispositifs de rétroaction supplémentaires et contrôleurs d'automation.

Gestion intelligente

L'Unidrive SP permet au concepteur du système de variateur d'intégrer l'automation et le contrôle de mouvements au sein du variateur, ce qui a pour effet d'éliminer les délais de communication qui nuisent aux performances lorsque CTNet, un réseau inter variateurs hautes performances, relie les différentes parties du système.

Fiabilité et innovation

La conception de l'Unidrive SP fait appel à un processus de développement éprouvé dont l'innovation et la fiabilité sont les priorités. Ce processus a permis à Control Techniques d'acquérir une réputation de leader du marché, tant en termes de performances que de qualité.

Infrastructure d'assistance mondiale

Grâce aux 54 Drive Centres de Control Techniques répartis dans 31 pays, assistance et compétences sont toujours proches, partout dans le monde. Nos ingénieurs passionnés de variateurs sont en mesure d'offrir le niveau de service qu'il vous faut, du conseil au problème d'application, jusqu'à la livraison d'un concept de solution complet.

Intégration électrique et mécanique de l'Unidrive SP

L'Unidrive SP permet aux concepteurs de systèmes de réduire les coûts opérationnels. Certaines de ses caractéristiques, telles que la désactivation sécuritaire du couple et les entrées d'alimentation de secours, contribuent à réduire la taille de l'armoire en éliminant les composants externes. Les options d'intégration permettent au concepteur de systèmes de simplifier les commandes tout en optimisant les performances.

Intégration simple de la sécurité

L'entrée de désactivation sécuritaire du couple (précédemment appelée désactivation sécuritaire) permet de désactiver la sortie du variateur afin que ce dernier ne puisse plus générer de couple. Le niveau de fiabilité offert est très supérieur à celui du système qui consiste à connecter un contacteur à la sortie du variateur. Sans encombrement, il n'exige aucun espace supplémentaire, ne comporte aucune pièce mobile et ne génère aucun surcoût.

- Certifié BGIA et TÜV
- Permet l'intégration du variateur au système de sécurité de la machine
- Réduction, pour l'utilisateur, des coûts de développement du concept de sécurité de la machine afin d'assurer la conformité aux normes EN954-1 catégorie 3 et EN81-1 pour les ascenseurs
- Permet la suppression d'un ou plusieurs contacteurs de puissance
- Élimine le dispositif de contrôle du retour
- Possibilité d'alimentation le variateur en permanence

Possibilité d'intégrer la désactivation sécuritaire du couple EN954-1 en catégorie 4 par l'ajout d'un circuit de commande. Contactez votre Drive Centre ou votre distributeur local.

Des informations plus détaillées sont **présentées dans le Guide de la fonction de désactivation sécuritaire du couple Unidrive SP, référence de commande 0175-0317**. Téléchargement également disponible sur le site www.controltechniques.com



Entrées de l'alimentation de secours pour un fonctionnement sans interruption

Entrée 24 VDC - commande

L'alimentation 24 VDC permet aux circuits de commande de l'Unidrive SP de demeurer actifs lorsque l'alimentation AC est interrompue. Les modules bus de terrain, application et codeurs peuvent ainsi continuer à fonctionner.

Entrée 48-96 VDC - puissance

Cette entrée permet à la sortie de puissance du variateur de contrôler le moteur. Elle est souvent utilisée dans des situations d'urgence, comme pour déplacer un ascenseur vers une sortie suite à une coupure de courant.

Conformité aux directives CEM

L'Unidrive SP dispose d'un filtre intégré ce qui assure sa conformité à la norme EN 61800-3. Le filtre peut être facilement retiré, par exemple pour des systèmes équipés de disjoncteur à courant de fuite à la terre sensible. Des filtres CEM externes conformes à la directive EN 6100-6-4 sont également disponibles.

Résistances de freinage intégrées

Les tailles 0 à 2 de l'Unidrive SP sont équipées d'une résistance de freinage optionnelle montée sur le radiateur. Cet agencement simplifie l'installation, sans augmenter l'encombrement et n'exige aucun espace supplémentaire. Il disjoncte automatiquement tout en bénéficiant d'une protection de surcharge additionnelle assurée par le variateur.



Des systèmes de variateur plus compacts

Les variateurs Unidrive SP de tailles 1 à 6 montés en surface et les Unidrive SP modulaires peuvent être encastrés afin de dissiper la chaleur vers l'extérieur. Le risque d'élévation de température à l'intérieur du tableau de commande est ainsi réduit. Un kit de montage IP54 est inclus en standard et les versions IP54 du ventilateur de radiateur sont disponibles en option. Cette méthode de montage favorise l'utilisation d'armoires de dimensions plus faibles, réduisant ainsi les exigences en termes de ventilation.



Solution entrée active Unidrive SP pour une meilleure efficacité énergétique



Économies d'énergie et réduction des harmoniques

Dans la plupart des applications, les variateurs de vitesse réduisent la consommation d'énergie en adaptant la vitesse du moteur à la charge requise.

Dans les applications caractérisées par un stockage important d'énergie mécanique, le variateur doit être capable de dissiper cette énergie pour commander la vitesse du moteur. Cela représente une nouvelle possibilité de réduire la consommation d'énergie en retournant l'énergie excédentaire vers un bus DC partagé ou vers l'alimentation AC.

Il est possible de configurer le bus DC et les systèmes d'entrée actifs à l'aide de l'un des variateurs Unidrive SP modulaires ou montés en surface. Les systèmes à bus DC réduisent les coûts d'exploitation en faisant circuler l'énergie entre les variateurs de freinage et moteurs. Les circuits d'entrée actifs renvoient l'énergie de freinage excédentaire à l'alimentation secteur. Avantages :

- Économies d'énergie
- Courant d'entrée sinusoïdal (faible niveau d'harmoniques)
- Le facteur de puissance d'entrée de l'Unidrive SP est simple et rapide à configurer

Installation, configuration et surveillance de l'Unidrive SP

Unidrive SP est simple et rapide à configurer. Les variateurs peuvent être configurés à l'aide d'un clavier amovible, d'une Smartcard ou du logiciel de mise en service fourni, qui guide l'utilisateur à travers le processus de configuration.

Options de l'interface utilisateur

L'Unidrive SP peut s'utiliser avec un grand choix de claviers afin de répondre aux besoins de votre application.

Options du clavier	Détails
Sans clavier	Le variateur standard est fourni sans clavier. Cette version est idéalement adaptée aux applications à grand volume ou lorsque vous souhaitez interdire l'accès aux paramètres du variateur
Clavier	Écran avec affichage à LED haute luminosité, enfichable à chaud
Clavier Plus	Écran LCD rétro éclairé multilingue enfichable à chaud. L'affichage peut être personnalisé pour fournir un texte spécifique à l'application.
Clavier SP0	Clavier LED enfichable à chaud pour la taille ultra compacte 0



Clavier SM



Clavier SM Plus

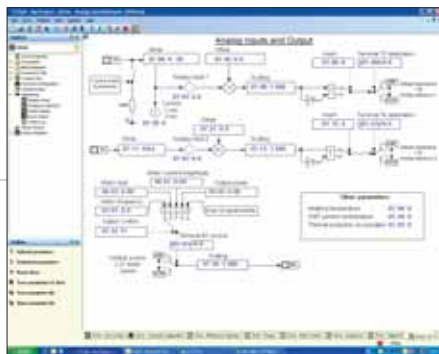


Clavier SP0



Outils logiciels et Smartcard pour une mise en service rapide

La suite logicielle de Control Techniques facilite l'accès à toutes les caractéristiques du variateur. Elle permet d'optimiser le réglage du variateur, de sauvegarder la configuration et de configurer un réseau de communication. La communication avec les outils logiciels peut s'effectuer avec une communication Ethernet, série, USB ou par CTNet s'il s'agit d'un réseau de variateurs Control Techniques.

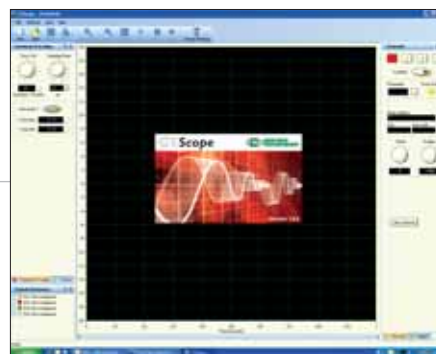


CTSoft

CTSoft est un outil de configuration de variateur destiné à la mise en service, à l'optimisation et à la surveillance des variateurs Control Techniques. Il permet l'exécution des opérations suivantes :

- L'utilisation des assistants de configuration pour la mise en service de votre variateur
- La lecture, l'enregistrement et le chargement des paramètres de configuration du variateur
- La gestion des données du variateur sur Smartcard
- La visualisation et la modification de la configuration grâce aux diagrammes animés en direct

CTScope



CTScope est un oscilloscope virtuel complet destiné à la visualisation et à l'analyse des valeurs changeantes au sein du variateur. La base temporelle peut être définie pour offrir une acquisition à haut débit pour le réglage ou pour des tendances à plus long terme. L'interface utilisateur, basée sur les fonctions d'un oscilloscope conventionnel, est conviviale et familière pour les techniciens du monde entier.

Pour l'essayer, téléchargez la version complète des logiciels CTSoft et CTScope sur le site www.controltechniques.com.



CTOPCServer

CTOPCServer est un serveur compatible OPC qui autorise la communication entre les PC et les variateurs de Control Techniques. Le serveur prend en charge les communications Ethernet, CTNet, RS485 et USB. OPC est une interface standard des progiciels SCADA largement compatible avec les produits Microsoft. Le serveur, qui est fourni gratuitement, peut être téléchargé sur le site www.controltechniques.com.

Pour l'essayer, téléchargez la version complète de CTOPCServer sur le site www.controltechniques.com



Smartcard

La Smartcard est un dispositif de mémoire fourni avec chaque Unidrive SP ; elle peut servir à sauvegarder des jeux de paramètres et les programmes PLC afin de les copier d'un variateur à l'autre.

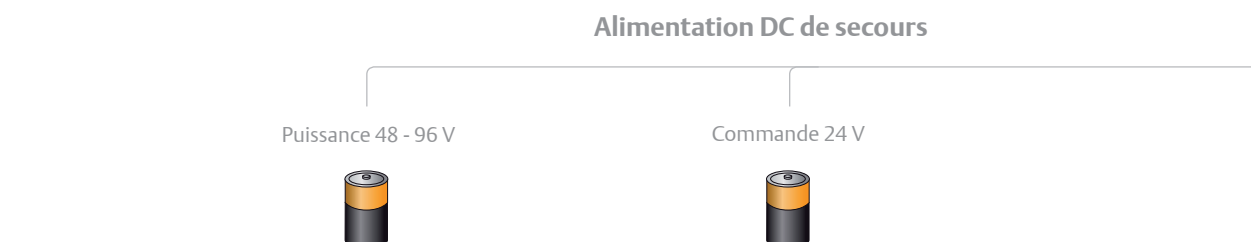
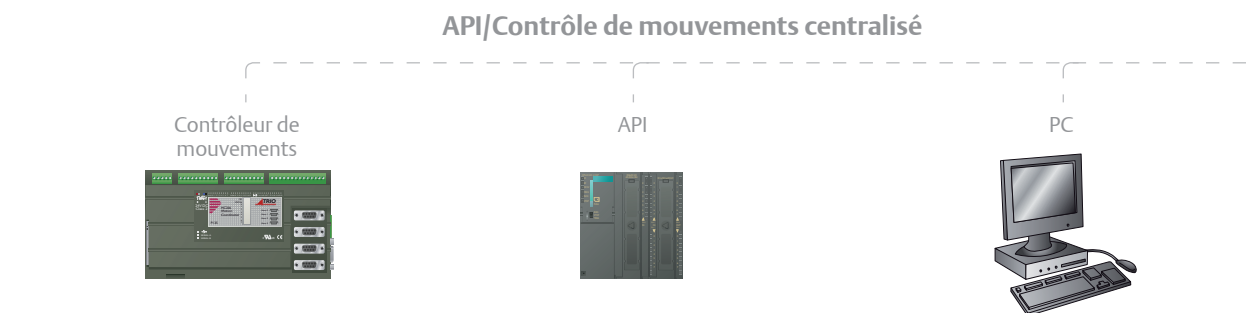
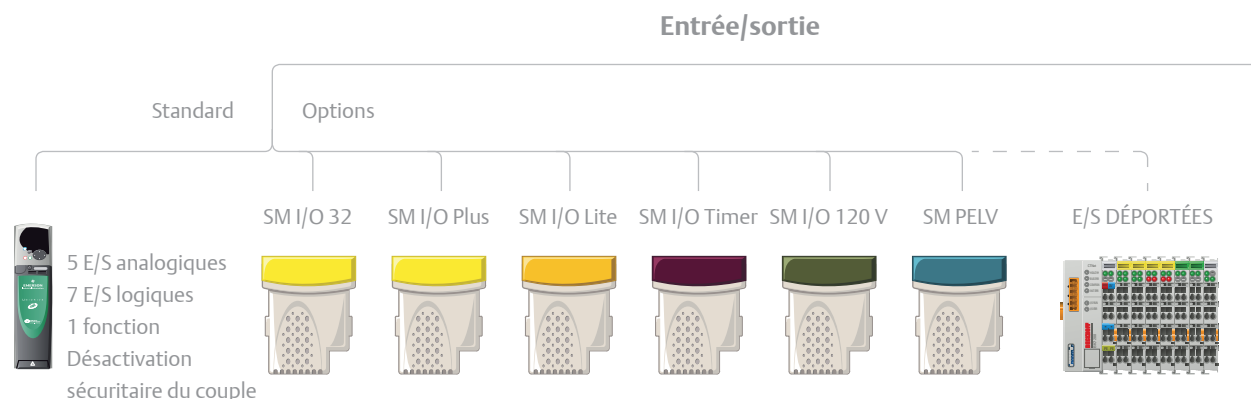
- Stockage des paramètres et du programme
- Simplifie la maintenance et la mise en service du variateur
- Configuration rapide pour la construction séquentielle de machines
- Les mises à niveau de la machine peuvent être mémorisées sur une Smartcard et envoyées au client pour installation et réglage

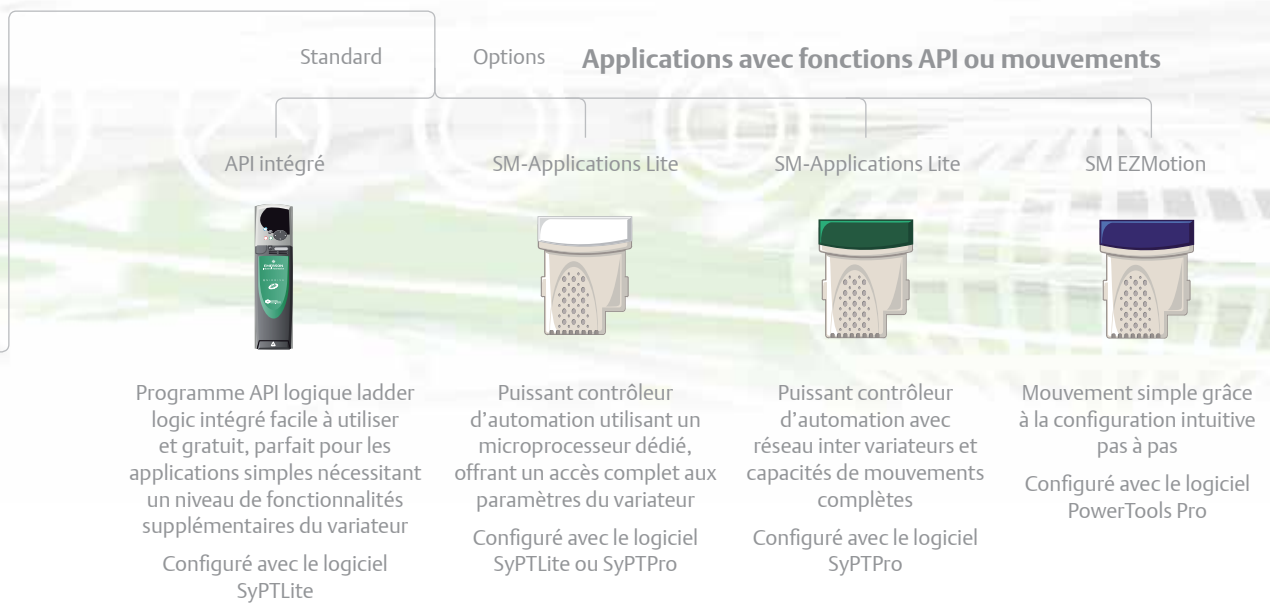
Réglage aisé des performances

Les fonctions d'autocalibrage accessibles par CTSofT ou par le clavier permettent d'obtenir les meilleures performances en mesurant les attributs du moteur et de la machine et en optimisant automatiquement les paramètres de commande.

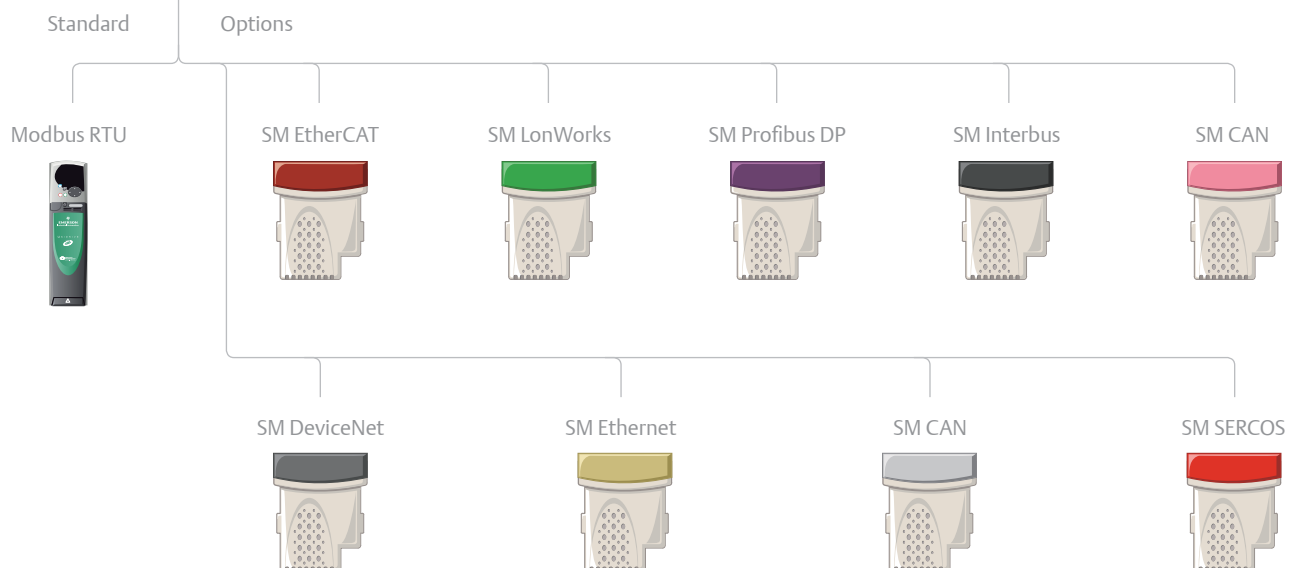


Unidrive SP : une souplesse d'intégration inégalée

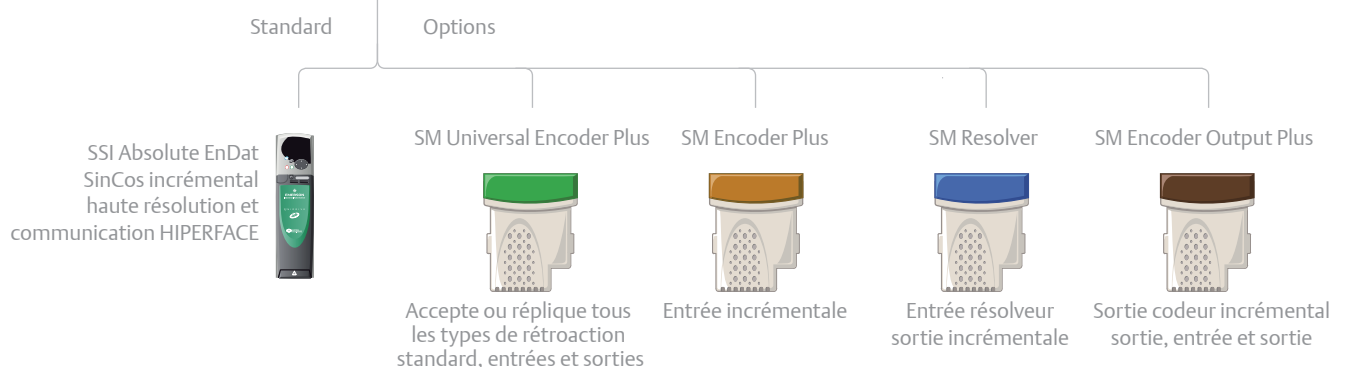




Communication



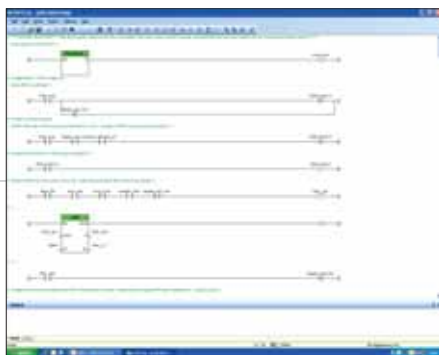
Rétroaction



Intelligence Unidrive SP et intégration au système

Les variateurs intelligents offrent des solutions plus compactes, des performances plus élevées et plus économiques dans les applications d'automatisation. Au cours des 20 dernières années, Control Techniques a innové dans le domaine de l'intégration des fonctions d'automatisation, de mouvement et de communications intégrées aux variateurs.

SyPTLite et automation embarquée

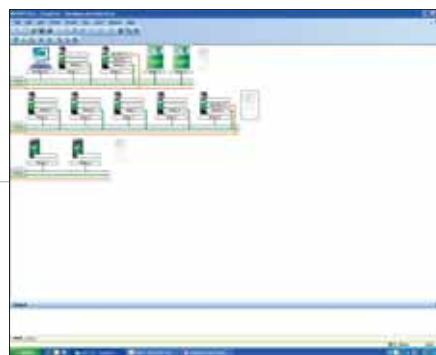


L'Unidrive SP est équipé d'un contrôleur programmable intégré. Il est configuré à l'aide de SyPTLite, un éditeur de programmes logiques ladder logic, qui peut servir au remplacement de la logique à relais, ou un micro PLC pour les applications de commande de variateur simples.

Le logiciel est fourni gratuitement.
Pour l'évaluer, téléchargez la version
complète sur le site www.syptlite.com.



Environnement de développement d'automation SyPTPro



SyPT Pro est un environnement de développement d'automation complet qui peut être utilisé pour développer des solutions sur mesure pour des applications à un ou plusieurs variateurs. L'environnement de programmation prend en charge trois langages standard de l'industrie : bloc de fonction, ladder et texte structuré. La commande de mouvement est configurée à l'aide du nouveau langage de mouvement PLCopen, qui prend en charge plusieurs axes.

CTNet, un réseau inter variateurs haut débit déterministe, relie les variateurs, les progiciels SCADA et les E/S entre eux pour former un réseau intelligent, au sein duquel SyPTPro génère à la fois la programmation et la communication.

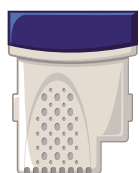
Pour une évaluation, téléchargez la
version de démonstration sur le site
www.controltechniques.com.



Automation hautes performances

Tous les modules optionnels Control Techniques contiennent un microprocesseur hautes performances, qui permet au processeur du variateur de fournir les meilleures performances moteur possibles.

SM-EZ Motion



Le module optionnel SM-EZ Motion et le logiciel PowerTools Pro offrent un environnement convivial de programmation de mouvements. L'approche EZ-Motion est idéale pour les applications de faible volume et exigeant peu d'efforts en temps d'ingénierie.

- La programmation par simple glisser-déplacer permet de créer des programmes « prêts à l'emploi » sans écrire une seule ligne de code.
- Une fois la programmation en 5 étapes terminée, le logiciel vous guide à travers les étapes de configuration du variateur, des E/S et de la programmation.
- Environnement Windows intuitif avec saisie simplifiée des données
 - Champs de valeurs vides à remplir
 - Boutons radio de type pointer-cliquer
 - Sélections via des menus déroulants
 - Sélection des paramètres par « glisser-déplacer »

Le module possède quatre entrées et deux sorties logiques pour un fonctionnement ultra rapide des E/S à grande vitesse.

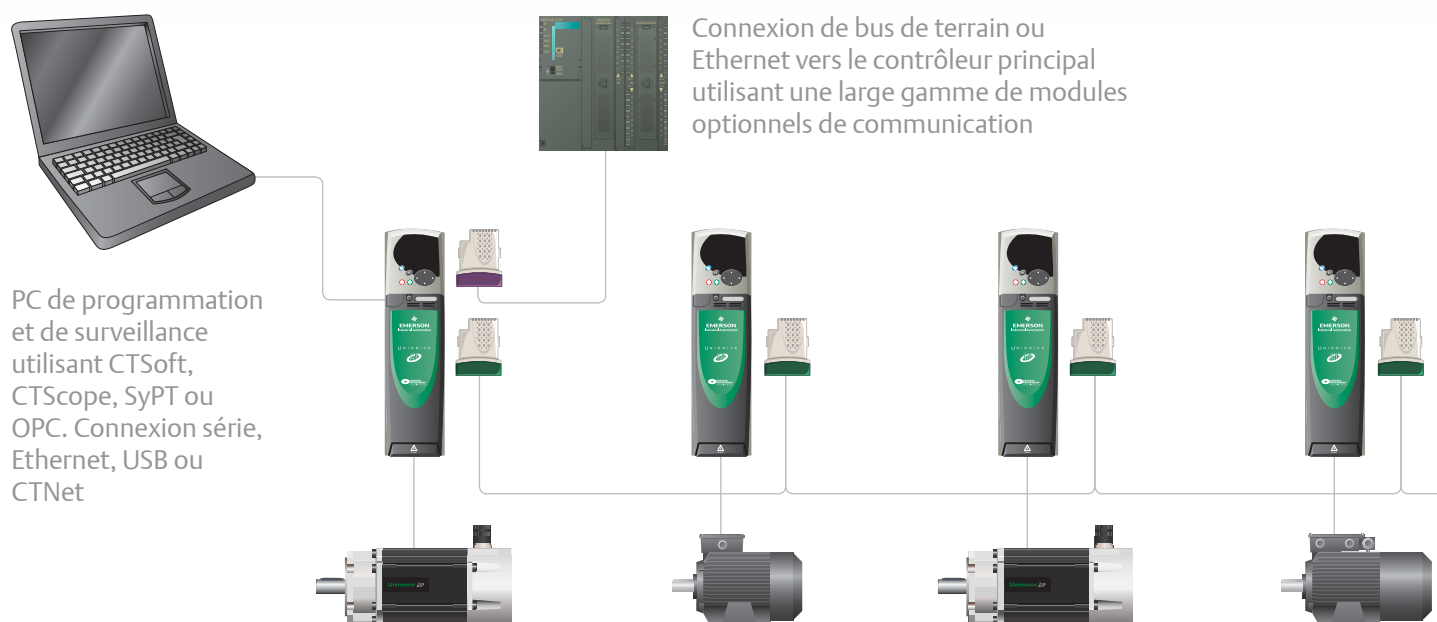
SM-Applications Lite



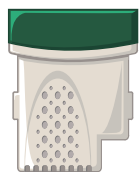
Le module SM-Applications Lite est conçu pour fournir une commande programmable aux applications de variateur autonome, ou lorsque le variateur est connecté à un contrôleur centralisé via E/S ou bus de terrain. SM-Applications Lite peut être programmé en logique ladder avec SyPTLite ou exploiter toutes les capacités d'automation et de mouvement contenues dans SyPTPro.

- Configuration puissante et facile : SM-Applications Lite peut servir à maîtriser les problèmes d'automation, de la simple séquence marche/arrêt avec un seul variateur à des applications machine et de contrôle du mouvement plus complexes.
- Commande en temps réel : le module SM-Applications Lite offre un accès en temps réel à tous les paramètres du variateur, ainsi que l'accès aux données depuis les E/S, et d'autres variateurs. Le module utilise un système d'exploitation multitâches très rapide, dont le temps d'actualisation des tâches est très court (250µs). Les tâches sont synchronisées avec les boucles de commande des variateurs afin d'offrir les meilleures performances en termes de pilotage du variateur et des mouvements.

Souplesse de la communication Unidrive SP/machine



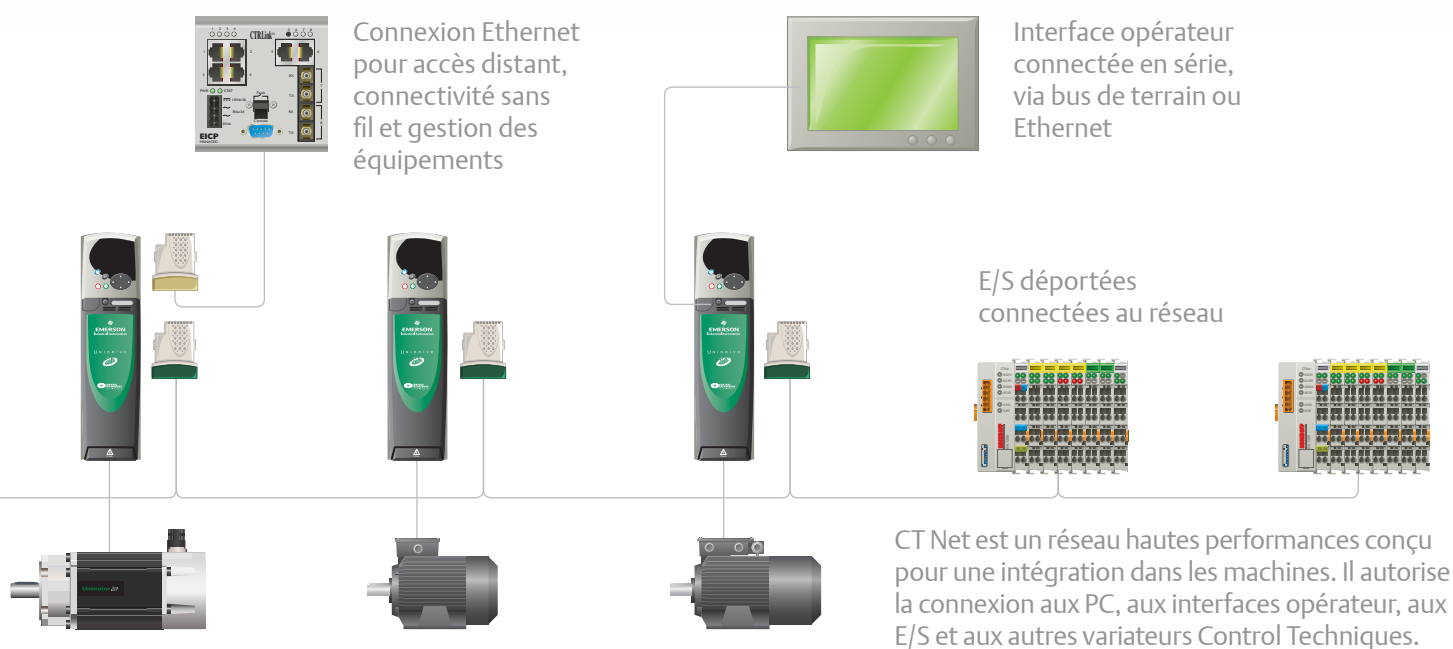
SM-Applications Plus



SM-Applications Plus possède toutes les caractéristiques du module SM-Applications Lite, avec des capacités de communications supplémentaires ainsi que des E/S haut débit. SM-Applications Plus est programmé avec l'outil de programmation SyPTPro.

- Entrées/sorties : le module possède deux entrées et deux sorties logiques pour un fonctionnement des E/S à haut débit, comme l'acquisition de position et le déclenchement d'actionneur.
- Port série haut débit : le module est équipé d'un port de communication série qui prend en charge les protocoles standards, tels que Modbus pour la connexion à des dispositifs externes, comme par exemple les d'interface homme-machine.

- Communications inter variateurs : les modules optionnels SM-Applications Plus intègrent un réseau inter de variateurs à haut débit intitulé CTNet ; ce réseau est optimisé pour les systèmes de variateurs intelligents offrant des communications peer to peer souples. Le bus est capable de se connecter aux E/S déportées, aux panneaux opérateur, aux variateurs DC Mentor et aux PC en utilisant un serveur OPC.



Communications bus de terrain

Des modules optionnels pour tous les réseaux Industrial Ethernet courants, les réseaux de bus de terrain tels que Ethernet/IP ou Profibus, ainsi que les réseaux asservis tels que SERCOS ou EtherCAT sont disponibles. Nous développons continuellement des nouveaux modules à mesure que les nouvelles technologies naissent.

« Boîte noire »

SM-Applications et CTNet permettent aux concepteurs des machines de créer une « boîte noire » dans laquelle les clients peuvent s'interfacer en utilisant leur interface de bus de terrain ou leur Ethernet de prédilection. Cette solution améliore les performances de la machine, simplifie le problème de conformité aux spécifications du client pour différents types de communication de bus de terrain et contribue à la protection de votre propriété intellectuelle.

	API intégré	SM-Applications Lite	SM-Applications Lite
Protection de la propriété intellectuelle	✓	✓	✓
Programmation SyPTLite	✓	✓	
Programmation SyPTPro		✓	✓
Environnement multitâche		✓	✓
Capacités de contrôle de mouvements		✓	✓
Réseau inter variateurs CTNet			✓
Port série			✓
E/S à haut débit			✓



Unidrive SP monté en armoire autonome 90 kW - 675 kW

Variateur AC performant à haute puissance

La gamme de variateurs autonomes Unidrive SP montés en armoire offre les mêmes caractéristiques sophistiquées que les variateurs montés en surface, mais sous la forme d'un ensemble techniquement préparé.

Les armoires du variateur peuvent être configurées en usine, et livrées prêtes à raccorder à votre alimentation ; en éliminant la nécessité de concevoir des armoires de variateurs, cette formule vous permet d'économiser temps et argent tout en vous permettant de vous concentrer sur votre application.

Les armoires de variateur présentent des rapports puissance/taille à la pointe de l'industrie. Pour les commander, il suffit d'utiliser de simples références de commande.

Applications

Les variateurs autonomes Unidrive SP montés en armoire conviennent aux applications haute puissance, dans les installations commerciales et industrielles. Applications fréquentes :

- Économies d'énergie pour les installations de ventilateurs et de pompes haute puissance
- Production et traitement du métal
- Convoyage et manutention de matériaux en vrac
- Traitement de la pâte et du papier
- Applications maritimes

Avantages

Les variateurs autonomes Unidrive SP montés en armoire présentent les mêmes avantages que les variateurs montés en surface avec quelques atouts supplémentaires :

- Les solutions d'armoires standard clé en main AC / AC réduisent le délai de conception, diminuent les risques associés au projet et vous permettent de vous concentrer sur la réalisation technique de l'application.
- De simples références de commande permettent de spécifier le schéma d'entrée de puissance installé en usine pour votre variateur monté en armoire autonome. En d'autres termes, votre variateur est livré prêt à raccorder,

vous épargnant des efforts techniques et du temps de montage. Les éléments d'entrée de puissance en option comprennent un disjoncteur à boîtier moulé (MCCB), un contacteur, un filtre CEM et un dispositif d'arrêt d'urgence.

- Des armoires vides et des accessoires sont disponibles pour permettre l'intégration de votre schéma de puissance ou de votre équipement de commande avec le variateur.
- Des formats et des couleurs en standard dans l'industrie, permettent à ces armoires de s'intégrer facilement dans des installations nouvelles ou existantes.
- Disponibles avec et sans résistance de freinage afin d'optimiser les coûts de votre application.
- Armoires IP21 et IP23 disponibles en option.
- La compacité de l'armoire réduit les besoins en termes d'espace nécessaire, ce qui est un aspect particulièrement important dans les applications de rééquipement : 350 kW = 400 mm de large et 675 kW = 800 mm de large.

Des informations **plus détaillées** sont **présentées dans la brochure Unidrive SP armoire autonome, référence de commande 0175-0346**. Téléchargement également disponible sur le site www.controltechniques.com





Unidrive SP modulaire 45 kW - 1,9 MW

Variateur AC modulaire haute puissance

La gamme de variateurs Unidrive SP modulaires offre les mêmes ensemble de caractéristiques avancées que les variateurs montés en surface, avec plus de souplesse au niveau de la puissance du système. Les variateurs peuvent être agencés pour fournir un système de bus DC commun, avec ou sans entrée active (dispositif de régénération pour un fonctionnement en 4 quadrants). Les moteurs à courant très élevé peuvent être commandés par le biais d'un agencement modulaire à plusieurs variateurs.

Applications

Les variateurs Unidrive SPM conviennent aux applications commerciales et industrielles dans lesquelles la souplesse du schéma de la puissance dans son ensemble et l'économie d'énergie de la régénération constituent un avantage pour l'exploitation. Applications fréquentes :

- Bancs test pour l'automobile : dynamomètres, moteurs et boîtes de vitesses
- Commande et déroulement de bande
- Convoyage et traitement des matériaux en vrac
- Traitement de la pâte et du papier
- Applications maritimes
- Économie d'énergie pour les installations qui utilisent des ventilateurs et des pompes haute puissance
- Production et traitement du métal
- Grues de grandes dimensions
- Systèmes d'énergie renouvelable, photovoltaïques par exemple

Avantages

Les variateurs Unidrive SP modulaires présentent les mêmes avantages que les variateurs montés en surface, avec plus de souplesse au niveau de la puissance du système :

- Les moteurs haute puissance sont commandés par des modules Unidrive SPM connectés en parallèle. Cette solution économique et compacte simplifie l'installation et améliore les capacités de fonctionnement.

- Permet de réduire les coûts d'exploitation en utilisant un système à bus DC pour recycler l'énergie entre les variateurs de freinage et les variateur moteurs, comme par exemple dans une application enrouleur/dérouleur.
- Éliminez les harmoniques avec un variateur frontal actif.
- Réduisez les harmoniques avec un fonctionnement à 12, 18 ou 24 impulsions permettant de satisfaire ou dépasser les exigences rigoureuses des réglementations relatives à l'alimentation.
- L'approche modulaire peut fournir une redondance du système, par exemple lorsqu'un variateur est inopérant dans une installation à plusieurs variateurs, il peut demeurer possible d'exploiter l'application avec les autres modules.
- Les modules ultra compacts permettent de construire des systèmes à haute puissance dans des armoires non standard ; il est par exemple possible de mettre en œuvre un système de variateur de 45 kW à 1 900 kW dans une armoire ne dépassant pas 1 mètre de haut.
- Fonctionnement avec une alimentation électrique universelle 200 V, 400 V, 575 V et 690 V.

Blocs de construction modulaires

La gamme Unidrive SPM comprend des modules clés qui peuvent être élégamment combinés pour satisfaire à vos critères conceptuels, sans dépasser votre budget.

SPMA	Variateur ENTRÉE AC / SORTIE AC
SPMD	Variateur ENTRÉE DC / SORTIE AC
SPMC	Redresseur ENTRÉE AC / SORTIE DC
Module maître SM	Module maître à utiliser avec un SPMA/D
Module esclave SM	Module esclave à utiliser avec un SPMA/D

Des informations plus détaillées et d'autres exemples de configuration sont présentés dans la brochure Unidrive SPM, **référence de commande 0175-0345**. Téléchargement également disponible sur le site www.controltechniques.com





Unidrive SP monté en surface 0,37 kW - 132 kW 200 V 1 PH / 200 V 3 PH / 400 V / 575 V / 690 V

Variateur hautes performances AC et servo

L'Unidrive SP monté en surface est un variateur hautes performances destiné aux applications d'intégration système et autonomes.

Applications

Grâce aux performances et à la souplesse inhérentes à l'Unidrive SP, ses domaines d'application potentiels sont illimités ; l'intelligence et la réactivité dynamique du variateur en font la solution idéale permettant de l'utiliser dans les applications les plus exigeantes.

Applications fréquentes :

- Machines à grande vitesse
- Grutage et levage
- Commandes d'ascenseur et monte-charge
- Machines de traitement de la pâte et du papier
- Production et traitement du métal
- Systèmes de manutention des matériaux
- Applications maritimes
- Imprimerie
- Machines textiles
- Recyclage
- Économie d'énergie avec ventilateurs et pompes
- Machines d'extrusion de plastique et de caoutchouc

Avantages

- L'intelligence programmable intégrée ainsi qu'une connectivité généreuse permettent la suppression des contrôleurs logiques et des contrôleurs de mouvement programmables externes, réduisant ainsi les coûts et les dimensions de l'armoire. L'Unidrive SP possède 5 E/S analogiques et 7 E/S digitales en standard.
- Les emplacements pour modules optionnels protègent votre investissement pour l'avenir et sont la garantie de pouvoir vous permettre d'installer uniquement les fonctions nécessaires, réduisant ainsi les coûts et la complexité. Les tailles 1 à 6 de l'Unidrive SP sont équipées de trois emplacements pour modules optionnels et la taille ultra compacte 0, de deux.
- Les modules optionnels disponibles comprennent des contrôleurs d'automation avancés, des options bus de terrain mondialement standardisées, et une gamme complète d'interfaces E/S logiques et analogiques ainsi que des dispositifs de rétroaction.
- Les résistances de freinage internes optionnelles de l'Unidrive SP pour les tailles 0, 1 et 2 réduisent l'encombrement de l'installation.
- Le filtre CEM intégré convient à la plupart des applications ; il est en outre facile à retirer le cas échéant. Des filtres CEM externes optionnels sont disponibles lorsque des normes plus rigoureuses doivent être respectées.
- La fonction de désactivation sécuritaire du couple, en standard, contribue à la réduction des coûts de conception de la sécurité machine.
- La possibilité d'un montage encastré IP54 permet une dissipation de la chaleur à l'extérieur en réduisant ainsi la taille de l'armoire.
- Fonctionnement avec une alimentation électrique universelle 200 V, 400 V, 575 V et 690 V.

Capacités nominales et spécifications de l'Unidrive SP encastré monté en surface

200-240 V AC +/- 10 % monophasé (kW à 220V) (CV à 230 V)

Taille	Modules	Surcharge faible			Surcharge forte		
		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)	
0	SP0201	-	-	-	2,2	0,37	0,5
	SP0202	-	-	-	3,1	0,55	0,75
	SP0203	-	-	-	4	0,75	1
	SP0204	-	-	-	5,7	1,1	1,5
	SP0205	-	-	-	7,5	1,5	2

200-240 V AC +/- 10 % (kW à 220 V) (CV à 230 V)

Taille	Modules	Surcharge faible			Surcharge forte		
		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)	
0	SP0201	-	-	-	2,2	0,37	0,5
	SP0202	-	-	-	3,1	0,55	0,75
	SP0203	-	-	-	4	0,75	1
	SP0204	-	-	-	5,7	1,1	1,5
	SP0205	-	-	-	7,5	1,5	2
1	SP1201	5,2	1,1	1,5	4,3	0,75	1
	SP1202	6,8	1,5	2	5,8	1,1	1,5
	SP1203	9,6	2,2	3	7,5	1,5	2
	SP1204	11	3	3	10,6	2,2	3
2	SP2201	15,5	4	5	12,6	3	3
	SP2202	22	5,5	7,5	17	4	5
	SP2203	28	7,5	10	25	5,5	7,5
3	SP3201	42	11	15	31	7,5	10
	SP3202	54	15	20	42	11	15
4	SP4201	68	18,5	25	56	15	20
	SP4202	80	22	30	68	18,5	25
	SP4203	104	30	40	80	22	30
5	SP5201	130	37	50	105	30	40
	SP5202	154	45	60	130	37	50

380-480 V AC +/- 10 % (kW à 400 V) (CV à 460 V)

Taille	Modules	Surcharge faible			Surcharge forte		
		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)	
0	SP0401	-	-	-	1,3	0,37	0,5
	SP0402	-	-	-	1,7	0,55	0,75
	SP0403	-	-	-	2,1	0,75	1
	SP0404	-	-	-	3	1,1	1,5
	SP0405	-	-	-	4,2	1,5	2
1	SP1401	2,8	1,1	1,5	2,1	0,75	1
	SP1402	3,8	1,5	2	3	1,1	1,5
	SP1403	5	2,2	3	4,2	1,5	3
	SP1404	6,9	3	5	5,8	2,2	3
	SP1405	8,8	4	5	7,6	3	5
2	SP1406	11	5,5	7,5	9,5	4	5
	SP2401	15,3	7,5	10	13	5,5	7,5
	SP2402	21	11	15	16,5	7,5	10
	SP2403	29	15	20	25	11	20
3	SP2404	29	15	20	29	15	20
	SP3401	35	18,5	25	32	15	25
	SP3402	43	22	30	40	18,5	30
	SP3403	56	30	40	46	22	40
4	SP4401	68	37	50	60	30	50
	SP4402	83	45	60	74	37	60
	SP4403	104	55	75	96	45	75
5	SP5401	138	75	100	124	55	100
	SP5402	168	90	125	156	75	125
6	SP6401	205	110	150	180	90	150
	SP6402	236	132	200	210	110	150

500-575 V AC +/- 10 % (kW @ 575 V) (CV @ 575 V)

Taille	Modules	Surcharge faible			Surcharge forte		
		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)	
3	SP3501	5,4	3	3	4,1	2,2	2
	SP3502	6,1	4	5	5,4	3	3
	SP3503	8,4	5,5	7,5	6,1	4	5
	SP3504	11	7,5	10	9,5	5,5	7,5
	SP3505	16	11	15	12	7,5	10
	SP3506	22	15	20	18	11	15
	SP3507	27	18,5	25	22	15	20
4	SP4603*	36	22	30	27	18,5	25
	SP4604*	43	30	40	36	22	30
	SP4605*	52	37	50	43	30	40
	SP4606*	62	45	60	52	37	50
5	SP5601*	84	55	75	63	45	60
	SP5602*	99	75	100	85	55	75
6	SP6601*	125	90	125	100	75	100
	SP6602*	144	110	150	125	90	125

500 - 690 V AC +/- 10 % (kW @ 690 V) (CV @ 690 V)

Taille	Modules	Surcharge faible			Surcharge forte		
		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)		Courant permanent maximum (A)	Puissance de sortie moteur standard (kW) (CV)	
4	SP4601	22	18,5	25	19	15	20
	SP4602	27	22	30	22	18,5	25
	SP4603	36	30	40	27	22	30
	SP4604	43	37	50	36	30	40
	SP4605	52	45	60	43	37	50
	SP4606	62	55	75	52	45	60
5	SP5601	84	75	100	63	55	75
	SP5602	99	90	125	85	75	100
6	SP6601	125	110	150	100	90	125
	SP6602	144	132	175	125	110	150

Remarques : Choisissez le modèle en fonction du courant réel du moteur à pleine charge. * Le même modèle peut être utilisé avec une alimentation 575 V ou 690 V, et possède deux puissances nominales de sortie. Par exemple : en surcharge faible, le SP4603 convient à un moteur de 22 kW avec une alimentation de 575 V et à un moteur de 30 kW avec une alimentation de 690 V. Peut être utilisé sur les alimentations IT (alimentations avec mise à la terre), à toutes les tensions sauf 690V.

Surcharge faible Convient à la plupart des applications. Surcharge de courant disponible : 110 % pendant 165 secondes. Lorsque le courant nominal du moteur est inférieur au courant nominal permanent du variateur, des surcharges supérieures peuvent être obtenues.

Surcharge forte Convient aux applications exigeantes. Surcharge de courant disponible : 175 % pendant 40 secondes pour les tailles 0 à 5 en boucle fermée et 150 % pendant 60 secondes en boucle ouverte. Pour la taille 6, une surcharge de courant de 150% est disponible pendant 60 secondes en boucle fermée et 129% pendant 97 secondes en boucle ouverte. Lorsque le courant nominal du moteur est inférieur au courant permanent nominal du variateur, des surcharges supérieures (200 % ou plus) peuvent être obtenues.

Sécurité environnementale et conformité électrique

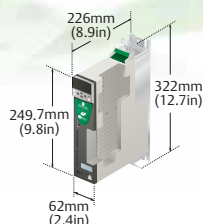
- Degré de protection IP20/Nema 1, IP54 (NEMA 12) avec montage traversant
- Température ambiante -15 à +40°C, 50°C avec déclassement
- Humidité maximale de 95 % (sans condensation) à 40°C
- Altitude : 0 à 3000 m, avec déclassement de 1% par tranche de 100 m entre 1'000 m et 3'000 m
- Vibrations : testé conformément à la norme CEI 60068-2-34
- Chocs mécaniques testés conformément à la norme CEI 60068-2-27
- Température de stockage : -40°C à 50°C
- Immunité électromagnétique en conformité avec les normes EN 61800-3 et EN 61000-6-2
- Avec filtre CEM intégré, conforme à la norme EN 61800-3 (2ème environnement)
- EN 61000-6-3 et EN 61000-6-4 avec filtre CEM optionnel
- Conditions d'alimentation CEI 61000-3-4
- Conditions d'alimentation CEI 60146-1-1
- IECCEI 61800-5-1 (Systèmes de variateurs de puissance)
- E/S CEI 61131-2
- Indice de protection EN 60529
- Sécurité électrique EN 50178 / CEI 62103
- Désactivation sécuritaire du couple (précédemment « Déverrouillage sécuritaire »), évaluée indépendamment par BGIA selon la norme EN 954-1 cat. 3
- EN 81-1 évaluée par TÜV
- EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 EMC, UL508C, UL840

Dimensions et options

Consultez les brochures correspondantes pour les dimensions et les valeurs nominales de l'Unidrive SP monté en armoire autonome et de l'Unidrive SP modulaire.

SP0

Poids : 2,1 kg



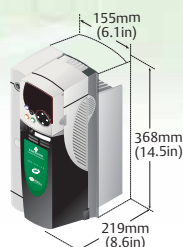
SP1

Poids : 5 kg
SP1405 / SP1406 :
5,8 kg



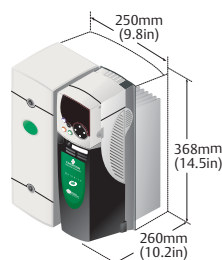
SP2

Poids : 7 kg



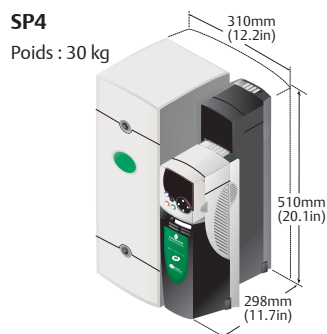
SP3

Poids : 15 kg



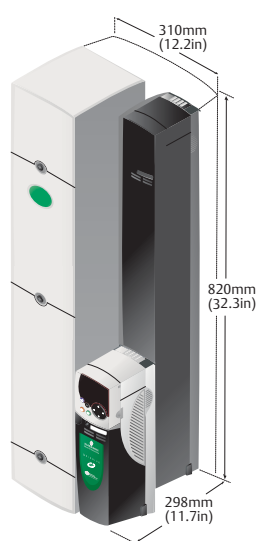
SP4

Poids : 30 kg



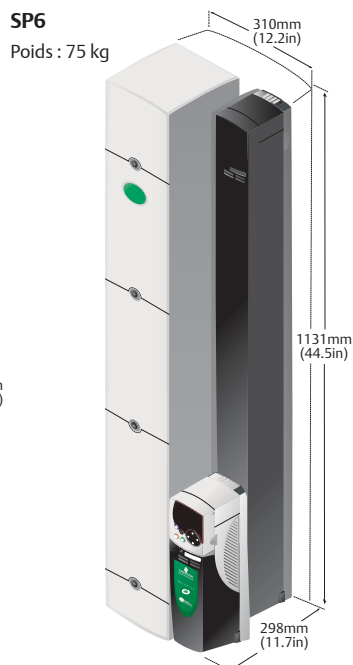
SP5

Poids : 55 kg



SP6

Poids : 75 kg



Options

Claviers

Réf. de commande	Détails
Clavier SM	Affichage à LED économique, enfichable sous tension
Clavier SM Plus	Écran LCD rétro éclairé multilingue enfichable sous tension. L'affichage peut être personnalisé pour un texte spécifique à l'application.
Clavier – SP0	Affichage à LED enfichable sous tension pour la taille ultra compacte 0

Résistances de freinage

Résistance de freinage	Référence de commande
Résistance de freinage SP0	1299-0001
Résistance de freinage SP1	1220-2756-01
Résistance de freinage SP2	1220-2758-01

Filtres CEM

Le filtre CEM intégré de l'Unidrive SP est conforme à la norme EN 61800-3 ; des filtres CEM externes sont nécessaires pour la conformité à la norme EN 61000-6-4.

Variateur	Réf. de commande	Variateur	Réf. de commande
SP0201 à SP0205 (1 cv)	4200-6000	SP2401 à SP2404	4200-6210
SP0201 à SP0205	4200-6001	SP3401 à SP3403	4200-6305
SP0401 à SP0405	4200-6002	SP4401 à SP4403	4200-6406
SP1201 à SP1202	4200-6118	SP4601 à SP4606	4200-6408
SP1203 à SP1204	4200-6119	SP5401 à SP5402	4200-6503
SP2201 à SP2203	4200-6210	SP3501 à SP3507	4200-6309
SP3201 à SP3202	4200-6307	SP5601 à SP5602	4200-6504
SP2401 à SP4203	4200-6406	SP6401 à SP6402	4200-6603
SP1401 à SP1404	4200-6118	SP6601 à SP6602	4200-6604
SP1405 à SP1406	4200-6119		

LES VARIATEURS QUI PILOTENT LE MONDE...

Centres de variateurs et d'applications Control Techniques

AUSTRALIE
Melbourne Application Centre
Tél. : +613 973 81777
info.au@controltechniques.com

Sydney Drive Centre
Tél. : +61 2 9838 7222
info.au@controltechniques.com

AUTRICHE
Linz Drive Centre
Tél. : +43 7229 789480
info.at@controltechniques.com

BELGIQUE
Brussels Drive Centre
Tél. : +32 1574 0700
info.be@controltechniques.com

BRESIL
Emerson do Brazil Ltda
Tél. : +5511 3618 6569
info.br@controltechniques.com

CANADA
Toronto Drive Centre
Tél. : +1 905 201 4699
info.ca@controltechniques.com

Calgary Drive Centre
Tél. : +1 403 253 8738
info.ca@controltechniques.com

CHINE
Shanghai Drive Centre
Tél. : +86 21 5426 0668
info.cn@controltechniques.com

Beijing Application Centre
Tél. : +86 10 856 31122 post. 820
info.cn@controltechniques.com

RÉPUBLIQUE TCHÈQUE
Brno Drive Centre
Tél. : +420 541 192111
info.cz@controltechniques.com

DANEMARK
Copenhagen Drive Centre
Tél. : +45 4369 6100
info.dk@controltechniques.com

FRANCE*
Drive Centre d'Angoulême
Tél. : +33 5 4564 5454
info.fr@controltechniques.com

ALLEMAGNE
Bonn Drive Centre
Tél. : +49 2242 8770
info.de@controltechniques.com

Chemnitz Drive Centre
Tél. : +49 3722 52030
info.de@controltechniques.com

Darmstadt Drive Centre
Tél. : +49 6251 17700
info.de@controltechniques.com

GRÈCE*
Athens Application Centre
Tél. : +0030 210 57 86086/088
info.gr@controltechniques.com

PAYS-BAS
Rotterdam Drive Centre
Tél. : +31 184 420555
info.nl@controltechniques.com

HONG KONG
Hong Kong Application Centre
Tél. : +852 2979 5271
info.hk@controltechniques.com

INDE
Chennai Drive Centre
Tél. : +91 44 2496 1123/
2496 1130/2496 1083
info.in@controltechniques.com

Pune Application Centre
Tél. : +91 20 2612 7956/2612
8415
info.in@controltechniques.com

Kolkata Application Centre
Tél. : +91 33 2357 5302/2357
5306
info.in@controltechniques.com

New Delhi Application Centre
Tél. : +91 11 2 576 4782/
2 581 3166
info.in@controltechniques.com

IRELAND
Dublin Drive Centre
Tél. : +353 45 448200
info.ie@controltechniques.com

ITALIE
Milan Drive Centre
Tél. : +39 02575 751
info.it@controltechniques.com

Reggio Emilia Application Centre
Tél. : +39 02575 751
info.it@controltechniques.com

Vicenza Drive Centre
Tél. : +39 0444 933400
info.it@controltechniques.com

CORÉE
Seoul Application Centre
Tél. : +82 2 3483 1605
info.kr@controltechniques.com

MALAISIE
Kuala Lumpur Drive Centre
Tél. : +603 5634 9776
info.my@controltechniques.com

**RÉPUBLIQUE D'AFRIQUE
DU SUD**
Johannesburg Drive Centre
Tél. : +27 11 462 1740
info.za@controltechniques.com

Cape Town Application Centre
Tél. : +27 21 556 0245
info.za@controltechniques.com

RUSSIE
Moscow Application Centre
Tél. : +7 495 981 9811
info.ru@controltechniques.com

SINGAPOUR
Singapore Drive Centre
Tél. : +65 6468 8979
info.sg@controltechniques.com

SLOVAQUIE
EMERSON A.S.
Tél. : +421 32 7700 369
info.sk@controltechniques.com

ESPAGNE
Barcelona Drive Centre
Tél. : +34 93 680 1661
info.es@controltechniques.com

Bilbao Application Centre
Tél. : +34 94 620 3646
info.es@controltechniques.com

Valencia Drive Centre
Tél. : +34 96 154 2900
info.es@controltechniques.com

SUÈDE*
Stockholm Application Centre
Tél. : +468 554 241 00
info.se@controltechniques.com

SUISSE
Lausanne Application Centre
Tél. : +41 21 637 7070
info.ch@controltechniques.com

Zurich Drive Centre
Tél. : +41 56 201 4242
info.ch@controltechniques.com

TAIWAN
Taipei Application Centre
Tél. : +886 22325 9555
info.tw@controltechniques.com

THAÏLANDE
Bangkok Drive Centre
Tél. : +66 2580 7644
info.th@controltechniques.com

TURQUIE
Istanbul Drive Centre
Tél. : +90 216 4182420
info.tr@controltechniques.com

UAE*
Dubai Application Centre
Tél. : +971 4 883 8650
info.ae@controltechniques.com

ROYAUME-UNI
Telford Drive Centre
Tél. : +44 1952 213700
info.gb@controltechniques.com

ÉTATS-UNIS
California Drive Centre
Tél. : +1 562 943 0300
info.us@controltechniques.com

Charlotte Application Centre
Tél. : +1 704 393 3366
info.us@controltechniques.com

Chicago Application Centre
Tél. : +1 630 752 9090
info.us@controltechniques.com

Cleveland Drive Centre
Tél. : +1 440 717 0123
info.us@controltechniques.com

Florida Drive Centre
Tél. : +1 239 693 7200
info.us@controltechniques.com

Agence commerciale d'Amérique
Latine
Tél. : +1 305 818 8897
info.us@controltechniques.com

Siège É-U Minneapolis
Tél. : +1 952 995 8000
info.us@controltechniques.com

Oregon Drive Centre
Tél. : +1 503 266 2094
info.us@controltechniques.com

Providence Drive Centre
Tél. : +1 401 541 7277
info.us@controltechniques.com

Utah Drive Centre
Tél. : +1 801 566 5521
info.us@controltechniques.com

Distributeurs Control Techniques

ARGENTINE
Euro Techniques SA
Tél. : +54 11 4331 7820
eurotech@eurotechsa.com.ar

BAHREÏN
Iftikhar Electrical Est.
Tél. : +973 271 116
ieepower@batelco.com.bh

BULGARIE
BLS - Automation Ltd
Tél. : +359 32 968 007
info@blsaautomation.com

AMÉRIQUE CENTRALE
Mercado Industrial Inc.
Tél. : +1 305 854 9515
rsaybe@mercadoindustrialinc.com

CHILI
Ingeniería Y Desarrollo
Tecnológico S.A.
Tél. : +56 2741 9624
idt@idt.cl

COLOMBIE
Sistronic LTDA
Tél. : +57 2 555 60 00
sistronic@telesat.com.co

CROATIE
Koncar - MES d.d.
Tél. : +385 1 366 7273
nabava@koncar-mes.hr

CHYPRE
Acme Industrial Electronic
Services Ltd
Tél. : +357 2 332181
acme@cytanet.com.cy

EGYPTE
Samiram
Tél. : +202 7360849/
+202 7603877
samiramz@samiram.com

FINLANDE
SKS Control
Tél. : +358 207 6461
control@sksf.fi

HONGRIE
Control-VH Kft
Tél. : +361 431 1160
info@controlvh.hu

ISLANDE
Samey ehf
Tél. : +354 510 5200
samey@samey.is

INDONÉSIE
Pt Apikon Indonesia
Tél. : +65 6468 8979
info.my@controltechniques.com

Pt Yua Esa Sempurna
Sejahtera
Tél. : +65 6468 8979
info.my@controltechniques.com

ISRAËL
Dor Drives Systems Ltd
Tél. : +972 3900 7595
info@dor1.co.il

KENYA
Kassam & Bros Co. Ltd
Tél. : +254 2 556 418
kassambros@africaonline.co.ke

KOWEÏT
Saleh Jamal & Company WLL
Tél. : +965 483 2358
sjceng@almullagroup.com

LETTONIE
EMT
Tél. : +371 760 2026
janis@emt.lv

LIBAN
Black Box Automation &
Control
Tél. : +961 1 443773
info@blackboxcontrol.com

LITUANIE
Elinta UAB
Tél. : +370 37 351 987
sigitas@elinta.lt

MALTE
Mekanika Limited
Tél. : +35621 442 039
mfrancica@gasan.com

MEXIQUE
MELCSA
Tél. : +52 55 5561 1312
melcsamx@iserve.net.mx
SERVITECK, S.A. de C.V.
Tél. : +52 55 5398 9591
servitek@data.net.mx

MAROC
Leroy Somer Maroc
Tél. : +212 22 354948
lsmaroc@wanadoopro.ma

NOUVELLE-ZÉLANDE
Advanced Motor Control. Ph.
Tél. : +64 (0) 274 363 067
info.au@controltechniques.com

PHILIPPINES
Control Techniques Singapore
Ltd
Tél. : +65 6468 8979
info.my@controltechniques.com

POLOGNE
APATOR CONTROL Sp. z o.o.
Tél. : +48 56 6191 207
drives@apator.torun.pl

PORTUGAL
Harker Sumner S.A.
Tél. : +351 22 947 8090
drives.automation@harker.pt

PORTO RICO
Powermotion
Tél. : +1 787 843 3648
dennis@powermotionpr.com

QATAR
AFI Sitna Technologies
Tél. : +974 468 4442
jp33@qatar.net.qa

ROUMANIE
Dor Drives International
Tél. : +40 21 337 3465
dordrive@zappmobile.ro

ARABIE SAOUDITE
A. Abunayyan Electric Corp.
Tél. : +9661 477 9111
aec-salesmarketing@
abunayyanguroup.com

**YUGOSLAVIE, SERBIE ET
MONTÉNÉGO**
Master Inzenjerij d.o.o.
Tél. : +381 24 551 605
master@eunet.yu

SLOVÉNIE
PS Logatec
Tél. : +386 1 750 8510
ps-log@ps-log.si

TUNISIE
SIA Ben Djemaa & CIE
Tél. : +216 1 332 923
bendjemaa@planet.tn

URUGUAY
Secoin S.A.
Tél. : +5982 2093815
secoin@adinet.com.uy

VENEZUELA
Digimex Sistemas C.A.
Tél. : +58 243 551 1634

VIÊT-NAM
N.Duc Thinh
Tél. : +84 8 9490633
infotech@nducthinh.com.vn

SCRIPT MATLAB « CARACTERISTIQUES MODELE »

```
%% MODELE D'EOLIENNE 0.9 kW
%% Modélisation du modèle d'éolienne
%% Version : sga 16.05.2013
%% Modifié : -
%% Dernière modification : -
%%

%% Initialisation environnement Matlab
clc;

%% Détermination des caractéristique de l'éolienne
v_vent_nom=13;
P_nom=4.5e6/5000;
Omega_mec_nom=2000;
r_turbine = 88; % rayon de la turbine en [m]
S_turbine = pi*(r_turbine^2); % surface balayée par la turbine
G_mul = 195; % rapport multiplicateur [-]
J = 1;

%% Détermination des tableaux de variables
table_v_vent= 0:17; % Tableau vitesse du vent de 3 à 17 [m/s]
table_beta=[1,1,1,3.5,2,3.5,5.5,7.5,7.5,6.5,7.5,9.5,12,15.5,19.5,23.2,26.4,
29.9,0]; % Tableau angle de calage des pâles [°]
table_P_turbine_max= 1:18; % Tableau des Puissances Maximales [kW]
table_Omega_mec_max= 1:18;
indexP=1;

%% Détermination des valeurs initiales
rho_air = 1.22; % densité de l'air en [kg/m3]
Cp_max=0; % initialisation du Cp
Omega_mec_max = 0;
P_turbine_max=0;

%% Paramètres du coefficient de performance Cp
C1 = 0.5;
C2 = 150;
C3 = 0.4;
C4 = 0;
C5 = 5;
C6 = 21;

%% Fonctions
for num_colone=1:18

    v_vent = table_v_vent(1,num_colone); % Recherche valeur de vitesse du
vent
    beta = table_beta(1,num_colone); % Recherche valeur angle de calage
    index = 1;

    if v_vent<3
        P_turbine_max=0;
        Omega_mec_max = 0;
        table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
        indexP=indexP+1;
    end
end
```

```

if 3<=v_vent
    if v_vent<=v_vent_nom
        % Initialisation tableaux de variables
        table_Omega_turbine = 0:0.01:30;
        table_P_turbine=0:0.01:30;
        table_Omega_mec=0:0.01:30;
        table_lambda = 0:0.01:30;
        table_Cp =0:0.01:30;

        for wt=0:0.01:30 % Variation de la vitesse de la turbine
            Omega_turbine = wt*2*pi/60;
            lambda = Omega_turbine*r_turbine/v_vent;
            % Vitesse spécifique
            lambda_i = 1/(1/(lambda + 0.08*beta)-0.035/((beta^3)+1));
            % Coefficient de performance
            Cp = C1 * (C2/lambda_i - C3*beta - C4*beta-C5)*exp(-
C6/lambda_i);
            P_turbine = (1/2)*Cp*rho_air*S_turbine*(v_vent^3)/10^4;
            % Puissance de la turbine
            Omega_mec = Omega_turbine*(60/(2*pi))*G_mul;
            % Vitesse de l'arbre moteur

            if P_turbine_max<P_turbine
                P_turbine_max=P_turbine; % Determination Cp maximum
                Omega_mec_max=Omega_mec;
            end

            table_lambda(index)=lambda; % Remplissage des tableaux
            table_Cp(index)=Cp;
            table_Omega_turbine(index)=Omega_turbine;
            % Remplissage des tableaux
            table_P_turbine(index)=P_turbine;
            table_Omega_mec(index)=Omega_mec;
            index=index+1;
        end
        %plot(table_Omega_mec,table_P_turbine,'r')
        grid on % Affichage de la grille
        hold on % Affichage des anciennes courbes
    end

    %plot (table_lambda,table_Cp,'b') % Plot de la caractéristique Cp/lambda
    %legend (beta) % Affichage de la légende plot(Cp,lambda)
    if v_vent<v_vent_nom
        table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
        indexP=indexP+1;
    end
    if v_vent==v_vent_nom
        table_P_turbine_max(indexP)=P_nom;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_nom;
        indexP=indexP+1;
    end

    %plot_caracteristique=1;

end

```

```

    %if plot_caracteristique==1
    % Plot de la caractéristique Puissance/Vitesse génératrice
    %legend (v_vent)% Affichage de la légende plot(Omega_mec,P_turbine)
    %plot_caracteristique=0;
    %end

    if v_vent>v_vent_nom
        P_turbine_max=P_nom;
        Omega_mec_max = Omega_mec_nom;
        table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
        indexP=indexP+1;
    end
end

%plot (table_Omega_mec_max,table_P_turbine_max,'b')
plot (table_v_vent, table_P_turbine_max,'b')
title('') % Donner un nom à la courbe
xlabel('Vitesse du vent [m/s]') % Donner un nom à l'axe des abscisses
ylabel('Puissance turbine [kW]') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
axis ([0 17 0 1e3])
% Plot (lambda,Cp)
%title('') % Donner un nom à la courbe
%xlabel('Vitesse spécifique lambda') % Donner un nom à l'axe des abscisses
%ylabel('Coefficient de puissance') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
%axis([0 15 0 0.6]) % Dimension plot(lambda,Cp)

% Plot (Omega_mec,P_turbine)
%title('') % Donner un nom à la courbe
%xlabel('Vgénératrice [tr/min]') % Donner un nom à l'axe des abscisses
%ylabel('Puissance turbine [kW]') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
%axis ([0 3000 0 1e3]) % Dimension plot(Omega_mec,P_turbine)

%% Fonctions Max

M_turbine = P_turbine_max/Omega_turbine; % Couple de la turbine maximal
M_mec = M_turbine/G_mul; % Couple de la génératrice maximal

```

SCRIPT MATLAB « CARACTERISTIQUES DE LA G128 »

```
%% MODELE D'EOLIENNE GAMESA G128-4.5MW
%% Modélisation de la turbine réelle
%% Version : sga 16.05.2013
%% Modifié : -
%% Dernière modification : -
%%

%% Initialisation environnement Matlab
clc;

%% Détermination des caractéristique de l'éolienne
v_vent_nom=13;
P_nom=4.5e6;
Omega_mec_nom=550;
r_turbine = 62.5; % rayon de la turbine en [m]
S_turbine = pi*(r_turbine^2); % surface balayée par la turbine
G_mul = 37.88; % rapport multiplicateur [-]
J = 1;

%% Détermination des tableaux de variables
table_v_vent= [0:17]; % Tableau vitesse du vent de 3 à 17 [m/s]
table_beta=[1,1,1,3.5,2,3.5,5.5,7.5,7.5,6.5,7.5,9.5,12,15.5,19.5,23.2,26.4,29.9,0]; % Tableau angle de calage des pâles [°]
table_P_turbine_max= 1:18; % Tableau des Puissances Maximales [kW]
table_Omega_mec_max= 1:18;
indexP=1;

%% Détermination des valeurs initiales
rho_air = 1.22; % densité de l'air en [kg/m3]
Cp_max=0; % initialisation du Cp
Omega_mec_max = 0;
P_turbine_max=0;

%% Paramètres du coefficient de performance Cp
C1 = 0.5;
C2 = 150;
C3 = 0.4;
C4 = 0;
C5 = 5;
C6 = 21;

%% Fonctions
for num_colone=1:18

    v_vent = table_v_vent(1,num_colone); % Recherche valeur de vitesse du vent
    beta = table_beta(1,num_colone); % Recherche valeur angle de calage
    index = 1;

    if v_vent<3
        P_turbine_max=0;
        Omega_mec_max = 0;
        table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
        indexP=indexP+1;
    end
end
```



```

if 3<=v_vent
    if v_vent<=v_vent_nom
        % Initialisation tableaux de variables
        table_Omega_turbine = 0:0.01:30;
        table_P_turbine=0:0.01:30;
        table_Omega_mec=0:0.01:30;
        table_lambda = 0:0.01:30;
        table_Cp =0:0.01:30;

        for wt=0:0.01:30 % Variation de la vitesse de la turbine
            Omega_turbine = wt*2*pi/60;
            lambda = Omega_turbine*r_turbine/v_vent; % Vitesse spécifique
            lambda_i = 1/(1/(lambda + 0.08*beta)-0.035/((beta^3)+1));
            Cp = C1 * (C2/lambda_i - C3*beta - C4*beta-C5)*exp(-C6/lambda_i);
            P_turbine = (1/2)*Cp*rho_air*S_turbine*(v_vent^3
            Omega_mec = Omega_turbine*(60/(2*pi))*G_mul

            if P_turbine_max<P_turbine
                P_turbine_max=P_turbine; % Determination Cp maximum
                Omega_mec_max=Omega_mec;
            end

            table_lambda(index)=lambda
            table_Cp(index)=Cp;
            table_Omega_turbine(index)=Omega_turbine
            table_P_turbine(index)=P_turbine;
            table_Omega_mec(index)=Omega_mec;
            index=index+1;
        end
        %plot(table_Omega_mec,table_P_turbine,'r')
        grid on % Affichage de la grille
        hold on % Affichage des anciennes courbes
    end

    %plot (table_lambda,table_Cp,'b')% Plot de la caractéristique Cp/lambda
    %legend (beta) % Affichage de la légende plot(Cp,lambda)
    if v_vent<v_vent_nom
        table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
        indexP=indexP+1;
    end
    if v_vent==v_vent_nom
        table_P_turbine_max(indexP)=P_nom;
        table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_nom;
        indexP=indexP+1;
    end

    %plot_caracteristique=1;

end

%if plot_caracteristique==1
% Plot de la caractéristique Puissance/Vitesse génératrice
%legend (v_vent)% Affichage de la légende plot(Omega_mec,P_turbine)
%plot_caracteristique=0;
%end
if v_vent>v_vent_nom
    P_turbine_max=P_nom;
    Omega_mec_max = Omega_mec_nom;
    table_P_turbine_max(indexP)=P_turbine_max;
    table_Omega_mec_max(indexP)=Omega_mec_max;
    indexP=indexP+1;
end
end

```

end

```
%plot (table_Omega_mec_max,table_P_turbine_max,'b')
plot (table_v_vent, table_P_turbine_max,'b')
title('') % Donner un nom à la courbe
xlabel('Vitesse du vent [m/s]') % Donner un nom à l'axe des abscisses
ylabel('Puissance turbine [kW]') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
axis ([0 30 0 5e6])
% Plot (lambda,Cp)
%title('') % Donner un nom à la courbe
%xlabel('Vitesse spécifique lambda') % Donner un nom à l'axe des abscisses
%ylabel('Coefficient de puissance') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
%axis([0 15 0 0.6]) % Dimension plot(lambda,Cp)

% Plot (Omega_mec,P_turbine)
%title('') % Donner un nom à la courbe
%xlabel('Vitesse génératrice [tr/min]') % Donner un nom à l'axe des abscisses
%ylabel('Puissance turbine [kW]') % Donner un nom à l'axe des ordonnées
%axis ([0 1500 0 6e6]) % Dimension plot(Omega_mec,P_turbine)

%% Fonctions Max
M_turbine = P_turbine_max/Omega_turbine; % Couple de la turbine maximal
M_mec = M_turbine/G_mul; % Couple de la génératrice maximal
```

1. Gamesa G128-4,5 MW

Gamesa
G128-4.5 MW



Gamesa



State of the art technology in wind

Rotor

Diameter	128 m
Swept area	12,868 m ²
Rotational speed (stationary)	12 rpm
Rotational direction	Clockwise (front view)

Blades

Number	3
Total length	62.50 m
Length of inboard section	30.50 m
Length of outboard section	32.00 m
Material	Organic matrix composite reinforced with fiber glass / carbon fiber

Tower

Type	Trunk conical tubular
Material	Post-tensioned prefabricated concrete / Structural carbon steel
Hub height	120 m

Gearbox

Type	2 planetary stages
Ratio	1: 37.88

Generator

Type	Permanent magnet synchronous generator with parallel independent modules
Rated power	4,500 kW
Voltage	660 V ac
Frequency	89.6 Hz
Rotational speed	448 rpm

Converter

Type	Full converter with independent modules
Rated power	4,500 kW
Voltage	690 V ac
Frequency	50 Hz / 60 Hz
Power factor	0.9 CAP – 0.9 IND for the entire power range (*)

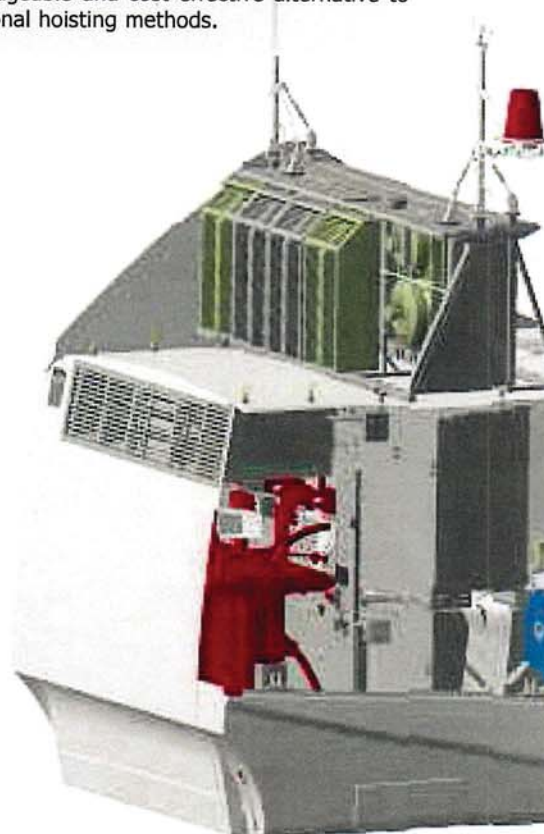
* Measured at generator output terminals, on the low voltage side before the transformer, at rated grid voltage.

Transport and Assembly

Flexifit® and the modular design of its components allow the Gamesa G128-4.5 MW wind turbine to be transported and assembled using similar resources as are required for a 2.0 MW model.

FlexiFit®

The FlexiFit® crane, coupled to the nacelle, is used as an assembly and service tool to hoist and lower main nacelle modules such as the drive train, generator and hub. Using this device makes it possible to assemble and service wind turbines without large cranes, providing a manageable and cost effective alternative to traditional hoisting methods.



GridMate®

The Gamesa G128-4.5 MW wind turbine electrical system uses a permanent magnet synchronous generator and a full converter. The system comprises parallel modules which continue to function in the event of individual failure. GridMate® complies with the most demanding grid connection requirements.

turbine design and development

Reliable technology

The advanced technology used in the Gamesa G128-4.5 MW wind turbine makes for a more reliable system. Technological developments applied to improve reliability include load-reducing multivariable control, drive train with no high-speed rotating components and modular electric power system which allows partial operation of the unit and also isolates the mechanical train from loads caused by voltage drops.

InnoBlade®

Gamesa's new aerodynamic profiles reduce noise and maximize production. The InnoBlade® is manufactured using a combination of materials in a pioneering structure that reduces weight. Current tooling and equipment used to transport 2.0 MW models to the site are also suitable for this innovative sectioned-blade.

CompacTrain®

The G128-4.5 MW drive train designed by Gamesa consists of a semi-integrated main shaft and a 2-stage gearbox with mid-speed range output. This integrated design makes the unit more compact, with fewer components. Mid-range speed output improves reliability with no high-speed rotating mechanical components.

MultiSmart®

The wind turbine control system uses the data gathered to regulate individual blade, moderating vibration and reducing up to 30% of load on some components.

ConcreTower®

ConcreTower® is a concrete/steel hybrid tower designed for the G10X platform. The prefabricated concrete sections are easy to transport and assemble on site.

