



**ETUDE DE LA SYNCHRONISATION AUTOMATIQUE DE DEUX  
GROUPES ELECTROGENES DE SECOURS CUMMINS 400 kVA.**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE  
**MASTER**

**Spécialité : GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE**

-----

Présenté et soutenu publiquement le 24 Janvier 2024 par

**Adjaratou LINGANI (20200104)**

**Encadrant 2iE : Ing. Ahmed ZONGO, Enseignant en Génie Electrique, froid et  
Climatisation**

**Encadrant INP-HB : Monsieur Zié YEO, Enseignant chercheur, Maître de conférences**

**Maître de stage : Ing. Hamidou DAO, PDG de SAGIRELEC CI.**

Structure d'accueil du stage : SAGIRELEC CI

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Kokouvi Edem N'TSOUKPOE**

Membres : **Dr Sayon Dit Sadio SIDIBE**

**Ing Souleymane BARRO**

**Promotion [2023/2024]**

## **DEDICACES**

**A ma famille.**

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin d'études de Master d'ingénierie à l'INP-HB a pu voir le jour grâce à d'innombrables soutiens dont nous avons bénéficié tout au long de nos études. Pour ce faire, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) de nous avoir accueillis !w en son sein durant les trois (3) dernières années de notre formation, à l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de nous avoir accueillies dans le cadre du projet de mobilité Intra Africaine RESING et à l'ensemble des responsables du dudit projet.

Nos sincères remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

- Pr TANOAH Aka, Directeur de l'Ecole Supérieure d'Industrie (ESI), dont le dévouement a été un moteur pour notre apprentissage ;
- Dr Moussa SORO (PhD), en sa qualité de chef du département du Génie Electrique et Energétique (GEE) à l'institut 2iE, pour son accompagnement et sa disponibilité ;
- Dr YEO Zié, Maître de conférences, notre encadreur à l'INP-HB, pour avoir accepté de diriger ces travaux. Merci professeur, pour vos soutiens, vos encouragements ;
- Ingénieur Ahmed ZONGO, Responsable du Laboratoire du Génie Energétique et Electricité Industrielle à l'institut 2iE, qui a également joué le rôle de notre encadreur pédagogique du côté de 2iE, pour sa disponibilité tout au long de nos travaux ;
- L'ensemble du corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) et l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) pour la qualité de la formation qu'il nous a donné ;
- Monsieur Hamidou DAO, Ingénieur Electrotechnique, PDG de SAGIRELEC CI, notre maître de stage, pour nous avoir ouvert les portes de son entreprise et pour tout l'accompagnement que nous avons bénéficié ;
- Mme KAMAGATE Fatoumata et Mme HOUNGLA ASSIBA Sabine, respectivement DRH et Responsable Commerciale, merci pour votre assistance, votre collaboration ainsi qu'à l'ensemble du personnel de SAGIRELEC CI ;
- Aux familles ZIBA et NAPON, pour votre hospitalité et vos multiples soutiens durant mon séjour chez vous.

## **RESUME**

La disponibilité de l'énergie est un enjeu primordial pour tous les utilisateurs d'électricité. En effet, de nombreuses industries tels que les résidences hôtelières, les hôpitaux font appel aux groupes électrogènes pour combler leur besoin énergétique.

Consciente de la nécessité de disposer de l'énergie à tout instant, SAGIRELEC CI à travers cette étude de synchronisation automatique vise à offrir à sa clientèle une solution énergétique efficace, durable et économique pour la production et la gestion de l'énergie en rapport avec leur besoin. Ainsi, le présent mémoire consiste à faire l'étude de la synchronisation automatique de deux groupes électrogènes Cummins 400kVA en secours pendant les périodes de délestage. Pour ce faire, le couplage des générateurs nécessite principalement l'égalité des tensions, des fréquences et la concordance des phases des différentes sources.

La revue de littérature et le cahier de charges ont permis d'opter pour une synchronisation avec un contrôleur automatique de dernière génération le DSE8610 MKII qui, en plus du couplage, intègre la surveillance à distance, la protection du groupe et le partage de charge en fonction de la demande.

La solution proposée permet de mettre tous les groupes en marche dès réception de l'ordre de démarrage et en fonction du niveau de la demande de charge le nombre de groupes qui débitent varie. Le coût global du projet est estimé à 11 977 000 FCFA.

### **Mots clés :**

- 1. Gestion d'énergie**
- 2. Groupe électrogène**
- 3. Synchronisation de groupe électrogène**

## **ABSTRACT**

The availability of energy is a key issue for all electricity users. Indeed, many industries such as hotel residences and hospitals use generators to meet their energy needs.

Aware of the need to have energy available at all times, SAGIRELEC CI, through this automatic synchronization study, aims to offer its customers an efficient, sustainable and economical energy solution for the production and management of energy in relation to their need. Thus, this dissertation consists of the study of the automatic synchronization of two Cummins 400kVA generator sets as backup during load shedding periods. To do this, the coupling of the generators mainly requires equality of voltages, frequencies and concordance of the phases of the different sources.

The literature review and the specifications made it possible to opt for synchronization with a latest generation automatic controller the DSE8610 MKII which, in addition to coupling, integrates remote monitoring, group protection and load sharing in depending on demand.

The proposed solution makes it possible to start all the groups as soon as the start order is received and depending on the level of load demand the number of groups which flow varies. The overall cost of the project is estimated at 11,977,000 CFA francs.

### **Keywords:**

- 1. Generator set**
- 2. Generator set synchronization**
- 3. Energy management**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

2iE	:	Institut International de l'Eau et l'Environnement
AC	:	Courant Alternatif
AIE	:	Agence Internationale de l'Energie
API	:	Automate Programmable Industriel
ATS	:	Commutateur de Transfert Automatique
CC	:	Courant Continu
ESI	:	Ecole Supérieur d'Industrie
GE	:	Groupe Électrogène
INP-HB	:	Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY
ISA	:	Inverseur de Source Automatique
LD	:	Diagram en Ladder
NF	:	Normalement Fermé
NO	:	Normalement Ouvert
PLC	:	Contrôleur Logique Programmable
RAT	:	Régulateur Automatique de Tension
TC	:	Transformateur de Courant

## TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME .....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTE DES ABREVIATIONS .....	v
TABLE DES MATIERES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	viii
LISTE DES FIGURES .....	ix
I.INTRODUCTION GENERALE .....	1
II.PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE.....	2
II.1. Présentation de la structure d’accueil.....	2
II.2. Activités de SAGIRELEC .....	2
II.3. Organigramme et fonctionnement de l’entreprise.....	3
II.3.1.Organigramme .....	3
II.3.2.Fonctionnement de l’entreprise.....	3
II.4. Zone d’étude .....	4
III.PRESENTATION GENERALE DU PROJET .....	5
III.1.Problématique et contexte de l’étude .....	5
III.2.Objectifs de l’étude .....	5
III.3.Résultats attendus .....	5
IV.METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	1
IV.1.Recherche documentaire .....	1
IV.2.Traitement de données et rédaction du mémoire.....	1
V.GENERALITES SUR LE GROUPE ELECTROGENE ET LA SYNCHRONISATION.....	2
V.1.Définition.....	2
V.2.La puissance d’un groupe électrogène.....	2
V.3.Les composants principaux d’un groupe électrogène.....	3
V.3.1.Le moteur thermique .....	3
V.3.2.L’alternateur .....	6
V.3.3.Les accessoires .....	10
V.4.Le mode d’utilisation du groupe électrogène .....	11
V.4.1.Source principale de production .....	11
V.4.2.Source d’appoint.....	11
V.4.3.Alimentation secours .....	11
V.5.Couplage des groupes électrogènes.....	12
V.5.1.Mode de couplage des groupes électrogènes .....	12
V.5.2.Les conditions de couplage.....	12

V.5.3.Les méthodes de couplage .....	13
V.5.4.Le but de la synchronisation .....	13
V.6. Conclusion .....	14
VI.ETUDE TECHNIQUE.....	15
VI.1.Etude du groupe électrogène Cummins 400kVA.....	15
VI.1.1.Le moteur diésel .....	15
VI.1.2.L'alternateur .....	16
VI.1.3.Le système de commande .....	17
VI.2.La synchronisation automatique .....	17
VI.2.1.La régulation de la fréquence et de la tension du groupe .....	18
VI.2.2.Synoptique du système de synchronisation automatique .....	19
VI.2.3.Description du fonctionnement du système de synchronisation automatique .....	20
VI.2.4.Le protocole de communication .....	21
VI.2.5.Choix et description des équipements électriques du système .....	22
VI.2.6.Schéma électrique du système de couplage automatique .....	26
VI.3.Programmation des modules .....	28
VI.4.Estimation budgétaire du matériel .....	29
VI.5.La maintenance des groupes électrogènes de secours.....	30
VI.5.1.La maintenance préventive des groupes électrogènes .....	31
VI.5.2.La maintenance curative des groupes électrogènes .....	32
VI.6.Conclusion .....	33
VII.CONCLUSION GENERALE .....	34
VIII.BIBLIOGRAPHIE .....	35
IX.ANNEXES.....	38

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Caractéristiques du disjoncteur [26].....	23
Tableau 2 : Caractéristiques générales de DSE8610 MKII.....	24
Tableau 3 : Liste complète du matériel utilisé. ....	26
Tableau 4 Evaluation des besoins matériels.....	30
Tableau 5 : Notation de chaque composant du système.....	50
Tableau 6 : Adressage de chaque module .....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de SAGIRELEC [4] .....	2
Figure 2 : Organisation de SAGIRELEC .....	3
Figure 3 : Synoptique du processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène. ....	2
Figure 4 : Vue d'ensemble d'un groupe électrogène [11]. ....	3
Figure 5 : Cycle d'un monocylindre 4 temps.....	4
Figure 6 : Vu d'un alternateur triphasé et monophasé. ....	7
Figure 7 : Stator.....	7
Figure 8 : Les types de rotor.....	8
Figure 9 : Site industriel sans raccordement au réseau [3]. ....	11
Figure 10 : Schéma typique de réseau de secours d'un site industriel [3]. ....	12
Figure 11 : Vue d'ensemble du groupe électrogène C400D5 GE.....	15
Figure 12 : Moteur diesel Cummins NT855G .....	16
Figure 13 : Alternateur STAMDFORD .....	16
Figure 14 : Système de commande PCC2100. ....	17
Figure 15 : Gouverneur de vitesse.....	18
Figure 16 : Régulateur automatique de tension R448 [24] .....	19
Figure 17 : Synoptique de la conception de synchronisation.....	19
Figure 18 : Organigramme de fonctionnement .....	21
Figure 19 : Module de contrôle DSE 8610 MKII [27]. ....	24
Figure 20 : Schéma de câblage des deux modules DS8610 MKII.....	27
Figure 21 : Interface du logiciel DSE Configuration Suite.....	28
Figure 22 : Plan de maintenance d'un groupe électrogène [15] .....	32

## I. INTRODUCTION GENERALE

La disponibilité de l'énergie dans un pays est un facteur qui influe positivement sur le développement socio-économique, la fourniture des services publics et la mise en œuvre de nouvelles technologies. En 2021, l'AIE estime le nombre de personnes ayant accès à l'électricité en Afrique subsaharienne à plus de 500 millions d'individus [1]. Au-delà du déficit énergétique, l'aspect fiabilité de l'énergie électrique laisse à désirer. L'utilisation des groupes électrogènes de secours dans le secteur industriel et dans le résidentiel pour pallier aux délestages, n'est pas un phénomène nouveau. En 2017, la valeur totale du marché des groupes électrogènes est estimée à environ 10 milliards de dollars américain dont les 3/5 proviennent du Moyen-Orient et de l'Afrique [2].

Le groupe électrogène est beaucoup utilisé en mode secours c'est-à-dire couplé manuellement ou automatiquement avec le réseau public ou avec d'autres unités afin d'alimenter les charges pendant les moments de délestage. Cette solution offre beaucoup d'avantages tant économiques que sur le plan de la maintenance [3]. Consciente des avantages qu'offre une synchronisation automatique des groupes électrogènes dans la production en secours pour sa clientèle, SAGIRELEC, en vue d'une réalisation d'un système de groupes électrogènes synchronisés, a initié une étude de système de synchronisation automatique de groupes électrogènes en secours dont la synthèse est présentée dans ce mémoire intitulé : « Etude et réalisation de la synchronisation automatique de deux groupes électrogènes de secours Cummins 400kVA ». Ainsi, comment assurer le couplage automatique des deux générateurs ?

Il s'agira de procéder à une étude technique et financière d'un tel projet. Ainsi, notre travail s'est articulé sur trois axes principaux.

Tout d'abord une revue de littérature sur les groupes électrogènes, la synchronisation des générateurs, l'automatisme. Puis, nous avons répondu à la problématique de conception d'un système de synchronisation de groupes électrogènes Cummins avec module de synchronisation automatique et de partage de charge. Enfin, la solution technique proposée nous servira de base pour estimer le coût global du projet.

## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

### II.1. Présentation de la structure d'accueil

SAGIRELEC CÔTE D'IVOIRE SARL est une entreprise d'ingénierie créée en novembre 2019 dont Monsieur Dao Hamidou, ingénieur électrotechnicien en est le principal actionnaire. Le siège social et technique est situé dans la commune de Songon prêt de la nouvelle mairie en Côte d'Ivoire (figure 1). L'entreprise est joignable à travers plusieurs moyens de communication dont son adresse électronique [sagirelec@gmail.com](mailto:sagirelec@gmail.com).

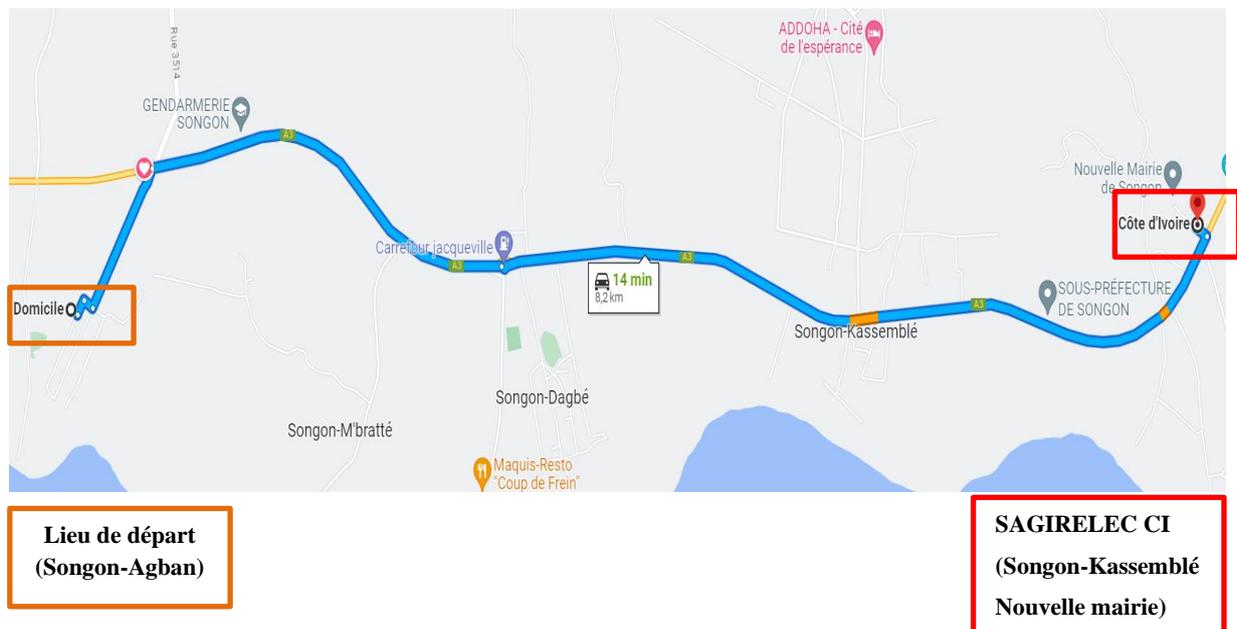


Figure 1 : Localisation de SAGIRELEC [4]

### II.2. Activités de SAGIRELEC

L'entreprise SAGIRELEC CÔTE D'IVOIRE SARL évolue dans le domaine technicommercial, la vente, la conception, l'ingénierie et l'installation de systèmes de production d'électricité. Ainsi, elle intervient dans les domaines tels que :

- Instrumentation, Automatisation et régulation ;
- Vente, location, installation et maintenance de groupes électrogènes et batteries ;
- Vente des pièces de rechange de groupes électrogènes ;
- Service Après-Vente (SAV) ;
- Vente des alternateurs de puissances ;
- La production de l'énergie solaire ;
- L'électricité-bâtiment.

Pour mener à bien la mission qu'elle s'est assignée, à savoir satisfaire autant que possible les besoins en matériels, SAGIRELEC CÔTE D'IVOIRE SARL a conclu des accords de collaboration avec quatre partenaires IHS, SAGEM COM, CAMUSAT et ACCC.

## II.3. Organigramme et fonctionnement de l'entreprise

### II.3.1. Organigramme

La taille et la performance des activités d'une entreprise dépendent souvent de l'importance des moyens dont elle dispose pour atteindre ses objectifs ainsi que la répartition adéquate faite dans le but d'une meilleure circulation de l'information. La figure 2 présente l'organisation générale interne de l'entreprise SAGIRELEC.

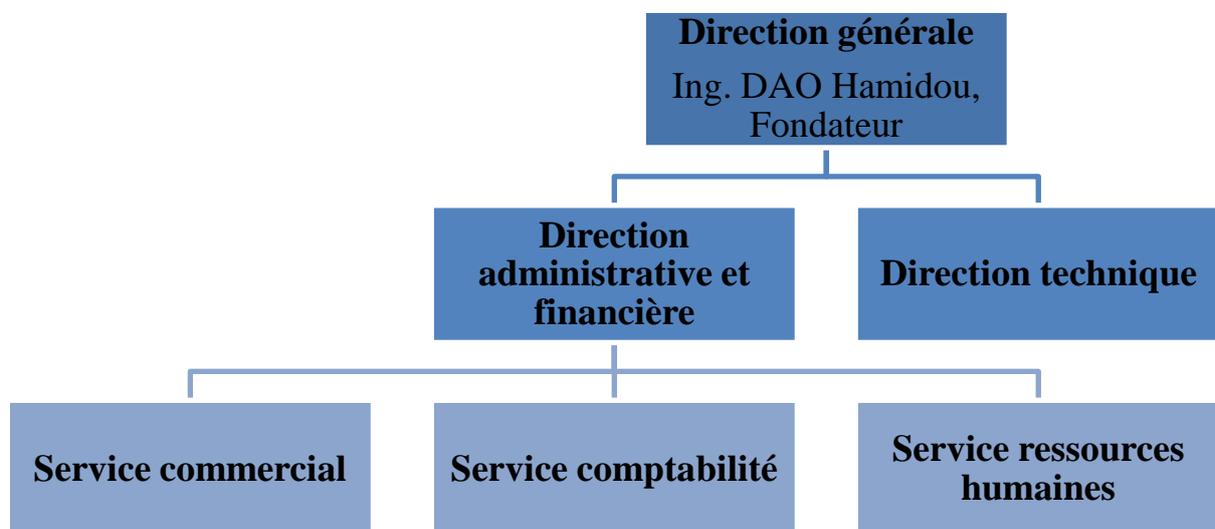


Figure 2 : Organisation de SAGIRELEC

### II.3.2. Fonctionnement de l'entreprise

L'organisation de SAGIRELEC CÔTE D'IVOIRE SARL s'articule autour de trois directions à savoir :

- **Direction générale**

La Direction générale a pour rôle de superviser le fonctionnement de l'entreprise, en mettant en place des stratégies permettant d'atteindre ses objectifs externes en termes de performances et d'avantages concurrentiels.

Elle gère l'entreprise au quotidien et veille au bon fonctionnement de la structure. Elle reçoit les points détaillés des différentes directions afin de répondre au mieux aux attentes des partenaires.

- **Direction administrative et financière**

La Direction administrative et financière (DAF) est chargée de saisir, de classer, d'enregistrer les données de base chiffrées et de les présenter à leur date d'arrêter une image fidèle du patrimoine et de la situation financière de la société.

- **Direction technique.**

Elle est chargée du développement technique de l'entreprise. Elle s'occupe de l'installation des réseaux locaux et de la maintenance sur site et en clientèle ainsi que la distribution des produits et services de l'entreprise.

#### **II.4. Zone d'étude**

Le projet est conçu pour une réalisation en Côte d'Ivoire. De ce fait, toutes les données et choix de matériel sont fait en tenant compte des contraintes liées à l'environnement Ivoirien. La Côte d'Ivoire est un pays côtier de l'Afrique occidentale qui s'étend sur 322 462 km<sup>2</sup> [5] avec 29 389 150 d'habitants en 2021 [6]. Elle est dotée de nombreuses industries, des hôpitaux, des data center et des hôtels pour lesquels une coupure d'électricité n'est pas envisageable. Plusieurs d'entre eux ont de mini centrales pour la production de leur énergie en cas de coupure électrique. C'est donc un immense marché pour les entreprises évoluant dans les services de solution énergétique.

### **III. PRESENTATION GENERALE DU PROJET**

#### **III.1. Problématique et contexte de l'étude**

La disponibilité de l'énergie en permanence et à moindre coût est un défi actuel pour nos états africains. Ainsi, les différentes industries et autres moyennes et grandes entreprises font appel à la mixte énergétique pour pouvoir combler leur besoin en énergie que les compagnies africaines d'électricité peinent à assurer. A cet effet, le recours aux groupes électrogènes comme source de production autonome d'électricité ou en secours du réseau public d'électricité est un phénomène récurrent dans nos différents secteurs d'industrie.

Cependant, les unités de groupe électrogènes sont de grands consommateurs de carburant donc producteur de gaz à effet de serre et le prix d'achat élevé pour les fortes puissances.

Pour une optimisation de l'utilisation des générateurs et de leur consommation, la mise en place de groupes électrogènes de secours synchronisés entre eux et connectés au réseau ou pas est une nécessité pour les utilisateurs. Dans les usines, elle permet de faire des économies du fait que, les groupes démarrent en chaîne en fonction du niveau de besoin énergétique de l'industrie, et limiter les pertes dus aux délestages ainsi que de réduire l'impact carbone.

#### **III.2. Objectifs de l'étude**

Le but général de cette étude est la mise en œuvre d'un système de synchronisation de deux groupes électrogènes de secours 400kVA de la marque Cummins et fournir une estimation financière. Ainsi, des objectifs spécifiques s'en suivent :

- Réalisation d'une revue de bibliographie sur, d'une part, les groupes électrogènes, et d'autre part, le couplage en parallèle de générateur ;
- Faire l'étude technique détaillée des différents équipements à utiliser ;
- Concevoir un système de synchronisation adapté aux générateurs Cummins ;
- Estimer le coût global du système de synchronisation et son impact environnemental.

#### **III.3. Résultats attendus**

A l'issue de ce travail, les résultats attendus sont :

- Une meilleure connaissance des groupes électrogènes, de la régulation, de la synchronisation de générateur ;
- Un diagnostic du mode actuel d'utilisation des générateurs électriques ;
- Un rapport sur l'étude technique de la réalisation de la synchronisation des deux groupes électrogènes Cummins ;
- Une estimation du coût de réalisation du projet.

## **IV. METHODOLOGIE DE TRAVAIL**

Pour mener à bien notre étude, nous avons adopté une méthodologie de travail pour collecter les données, les matériels utilisés et les méthodes de conception de couplage de générateur.

### **IV.1. Recherche documentaire**

Tout travail nécessite de se référer à des documents similaires ou en lien avec le thème d'étude. Ainsi, pour mieux comprendre les différents paramètres et contours du projet et pour une démarche méticuleuse de notre travail, nous nous sommes inspirés des documents techniques, d'ouvrages généraux, de mémoires d'étude et de thèse de doctorat. Il s'agit entre autres de cahiers techniques sur le réseau électrique, de catalogues et fiches techniques de groupes électrogènes et tout autre équipement intervenant dans le projet. Aussi, nous avons lu des rapports, des mémoires et de thèses de doctorat en lien avec le thème de plusieurs écoles dont 2iE et INP-HB. D'autres informations, sur le plan technique et financier, nous ont été données en entreprise.

### **IV.2. Traitement de données et rédaction du mémoire**

L'ensemble des données collectées ont été analysées, traitées au moyen de logiciels :

- DSE configuration suite pc software pour la configuration et la programmation ;
- Xrelais pour le tracé du schéma électrique ;
- Le pack Office (Excel, Word, Powerpoint) pour le traitement de textes ;
- Zotero pour la gestion des références bibliographiques.

La compilation de toutes ces informations a abouti à la rédaction du présent mémoire.

## V. GENERALITES SUR LE GROUPE ELECTROGENE ET LA SYNCHRONISATION

### V.1. Définition

Un groupe électrogène est un système autonome de génération d'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique. Il est constitué d'un moteur de combustion interne qui entraîne un alternateur (générateur électrique), deux parties essentielles pour son fonctionnement auxquelles sont ajoutées des équipements auxiliaires en fonction des caractéristiques de l'équipement [7], [8].

Le choix du type de carburant dépend de plusieurs paramètres comme : la puissance du GE, le coût, etc. La figure 3 présente un synoptique de la conversion de l'énergie par un groupe électrogène.

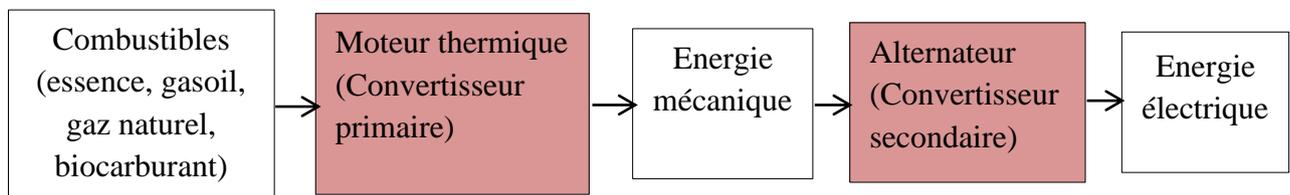


Figure 3 : Synoptique du processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène.

### V.2. La puissance d'un groupe électrogène

Selon la norme ISO 8528-1, les groupes électrogènes sont caractérisés par trois puissances distinctes à savoir la puissance continue, la puissance principale et la puissance de secours ou puissance pour utilisation limitée [9]:

La puissance continue est définie comme la puissance que le groupe est capable de fournir en service continu, pendant un nombre illimité d'heures par an, en respectant les arrêts normaux pour maintenance et dans les conditions ambiantes définies.

La puissance principale est la puissance maximale fournie par le groupe, sous charge variable, pendant une durée infinie par an, en respectant les arrêts normaux, les conditions de maintenance et les conditions ambiantes définies. La puissance moyenne admissible sur une durée de 24 heures ne peut être supérieure à une fraction de la puissance principale [10].

La puissance de secours est la puissance maximale que le groupe peut délivrer, durant une période limitée à au plus 500 heures par an et un fonctionnement normal maximal de 300 heures tout en respectant les arrêts de maintenances. Cette définition est applicable uniquement aux groupes électrogènes travaillant en secours. Un facteur de sécurité, généralement d'au

moins 10 %, est appliquée à la puissance assignée pour déterminer la puissance de secours nécessaire du groupe afin de faire face aux besoins de régulation.

### V.3. Les composants principaux d'un groupe électrogène

Un groupe électrogène est constitué principalement de trois grandes parties que sont un moteur thermique, un alternateur et des accessoires. La figure 4 présente les éléments constitutifs généraux d'un groupe électrogène.

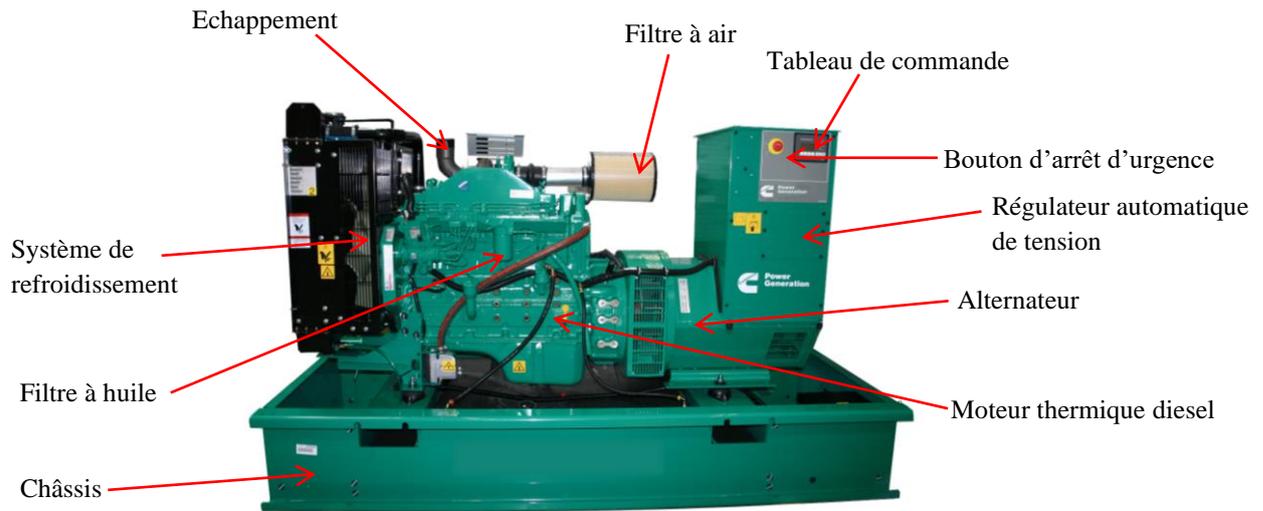


Figure 4 : Vue d'ensemble d'un groupe électrogène [11].

#### V.1.1. Le moteur thermique

Le moteur thermique est une machine à combustion interne qui permet de convertir l'énergie thermique ou calorifique issue de la combustion d'un carburant en énergie mécanique qui fait tourner l'arbre du moteur. Le moteur diesel est un moteur à pistons où la pression et la température atteignent des niveaux tellement élevés que le carburant s'enflamme spontanément : c'est le principe de l'auto-inflammation. [7], [8], [12], [13]

##### V.3.1.1. Fonctionnement du moteur thermique

Le cycle du moteur thermique s'effectue en deux tours complets du vilebrequin et comprend quatre temps l'admission, la compression, combustion et l'échappement [8], [12], [14], [15].

- **L'admission**

Lors de ce premier temps, la soupape d'échappement est fermée et celle d'admission est ouverte. Le piston initialement au Point Mort Haut (PMH) se déplace vers le Point Mort Bas (PMB) et l'air filtré et refroidi est aspiré dans le cylindre du moteur.

- **La compression**

Durant cette deuxième étape, les deux soupapes sont fermées. Le piston remonte vers le PMH en comprimant l'air. La pression augmente et la température s'élève et atteint celle de l'auto-inflammation.

- **La combustion**

A l'étape de la combustion les deux soupapes sont toujours fermées et le piston est au PMH. De fines gouttelettes de gasoil sont projetées par un injecteur dans la chambre à combustion. Le gasoil entre ainsi en contact avec l'air comprimé se trouvant à la température d'auto-inflammation, se produit donc une explosion dans la chambre en combustion entraînant la descente du piston au PMB. Une partie de l'énergie reçue de la combustion est convertie en travail et cédée au milieu extérieur par le piston et le système bielle manivelle.

- **L'échappement**

A cette quatrième phase, la soupape d'admission est fermée et celle d'échappement s'ouvre et le piston remonte au PMH en expulsant les gaz brûlés. La figure 5 présente les quatre temps décrits.

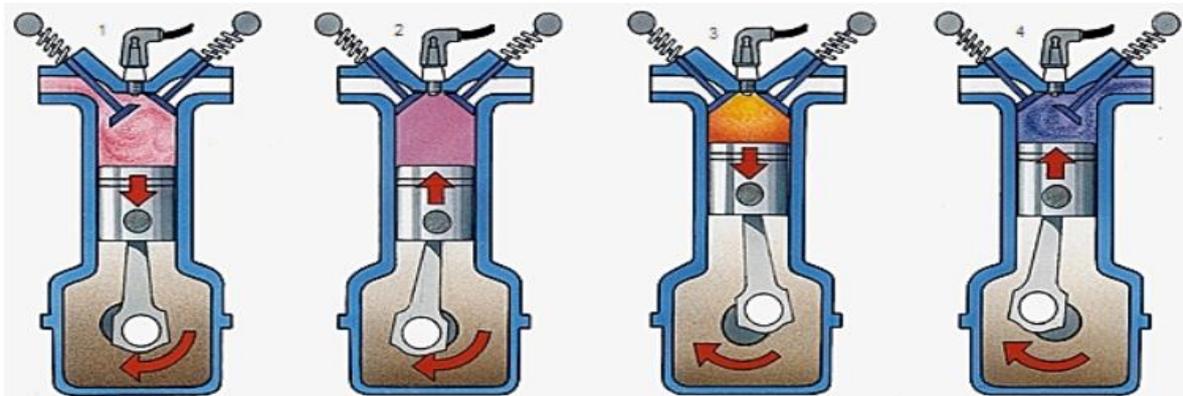


Figure 5 : Cycle d'un monocylindre 4 temps.

### V.3.1.2. Les principaux circuits du moteur

Le moteur diésel dispose de circuits auxiliaires pour assurer son démarrage, son alimentation en combustible, son refroidissement et la lubrification. Ces circuits qui sont indispensables pour le moteur, sont munis de systèmes de sécurité entraînant des alarmes ou des arrêts en cas de défauts [7], [8], [12].

- **Le circuit d'alimentation en combustible**

Le circuit d'alimentation en combustible est chargé d'amener à chaque cylindre une quantité donnée de combustible filtré, parfaitement dosé sous haute pression, à un moment précis et ce

quelle que soient les conditions d'utilisation du moteur. On retrouve dans le circuit d'alimentation en combustible les éléments suivant [7], [16]:

- **Le réservoir de carburant** : situé à l'intérieur du groupe dans le bâti, il assure l'approvisionnement du groupe en carburant.
- **Le pré filtre** : situé entre le réservoir et la pompe il permet de stopper les impuretés et d'éliminer l'eau en suspension dans le gasoil par décantation.
- **La pompe d'alimentation** : elle assure l'alimentation de la pompe d'injection en carburant.
- **Le filtre** : localisé entre la pompe d'alimentation et la pompe d'injection, il est chargé d'arrêter les plus petites impuretés (2 à 3microns) afin de protéger la pompe d'injection car une impureté aussi petite soit-elle peut endommager de façon irréversible la pompe d'injection ainsi que les injecteurs.
- **La pompe d'injection** : elle a pour rôle d'assurer l'injection d'une quantité de gasoil correspondant à la puissance demandée par l'utilisateur, dans le cylindre du moteur. Le choix du type de pompe d'injection est fortement dépendant du nombre de cylindres.
- **Les injecteurs** : alimentés par la pompe d'injection, ils pulvérisent le carburant dans les chambres de combustion sous très haute pression.

- **Le circuit de refroidissement du moteur**

Pendant son fonctionnement, le groupe électrogène se réchauffe. Cette augmentation de température peut entraîner une surconsommation de carburant, une baisse du rendement et même la destruction du moteur. Ainsi le système de refroidissement du moteur est nécessaire pour dissiper le dégagement de chaleur et maintenir les températures des différents organes à des niveaux acceptables. On distingue deux types de technique pour le refroidissement à savoir [7]:

- **Le refroidissement par eau** : l'eau de refroidissement circule autour des cheminées et à l'intérieur des culasses. Deux systèmes de refroidissement par eau sont observés : le refroidissement direct et le refroidissement indirect.
- **Le refroidissement par air** : le système de refroidissement par air consiste simplement à balayer les cylindres avec un courant fort d'air. Cette technique est avantageuse du fait de sa simplicité, pas de pompe ni d'échangeur de chaleur, aucune vanne, un faible coût.

- **Le circuit de lubrification**

Le circuit de lubrification assure le graissage des différents éléments du moteur. L'huile de dégraissage est refroidie dans un échangeur de chaleur huile/eau. Sur certains groupes, un dispositif de pré graissage est mis en place pour permettre une prise en charge rapide du groupe. L'absence de lubrification entraîne une augmentation de la température de frottement qui engendre immédiatement le grippage de l'ensemble piston, bielle, vilebrequin. [7], [8]

- **Le système de démarrage**

Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être électrique soit pneumatique. Pour des raisons de sécurité les deux modes de démarrage sont installés. En ce qui concerne le mode de démarrage électrique, un démarreur est utilisé. Le démarreur dont l'axe est prolongé par un pignon, est un système constitué d'un moteur électrique de forte puissance engrenant directement le volant moteur qui est muni d'une couronne, d'un solénoïde et d'un lanceur[7], [8].

### **V.3.1.3. La régulation de la vitesse du moteur**

Sur le moteur, est installé un gouverneur de vitesse qui régule la fréquence du courant alternatif à la sortie. Il ajuste le débit de carburant injecté dans le moteur diesel dans le but de maintenir la vitesse du moteur et celle du générateur constante. Il régule par la même occasion le partage de la puissance active (méthode isochrone) lorsque le GE fonctionne en parallèle [17].

Le **capteur de vitesse** (en anglais **magnetic pik-up**) est un capteur à barrage qui permet la communication entre le moteur et le contrôleur électronique. Il donne la position de la vitesse du moteur au module de contrôle en produisant un signal alternatif correspondant à la vitesse du moteur.

### **V.3.2. L'alternateur**

L'alternateur encore appelé générateur de courant alternatif ou génératrice est une machine capable de convertir l'énergie mécanique absorbée à travers la rotation de l'arbre du moteur en énergie électrique sous forme de tensions alternatives [7], [8]. On distingue les alternateurs monophasés que l'on peut retrouver dans les voitures, les petits groupes électrogènes et les alternateurs triphasés qu'on retrouve dans les centrales de production d'énergie (figure 6). Cette machine est constituée essentiellement de deux grandes parties que sont la partie fixe appelée l'induit ou le stator et la partie mobile appelée l'inducteur ou le rotor. [7], [8], [15]



**Figure 6 : Vu d'un alternateur triphasé et monophasé.**

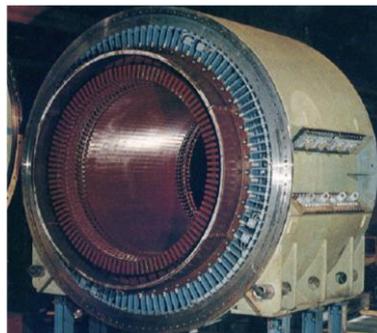
### **V.3.2.1. Constitution d'un alternateur**

- **Le stator**

Le stator ou l'induit, partie fixe de l'alternateur, comprend un circuit magnétique statorique constitué d'un empilement de tôles en forme de couronne, isolées les unes des autres pour limiter les courants de Foucault dans lesquelles, des encoches parallèles à l'axe de la machine sont découpées [7], [8]. Le circuit magnétique est fait en fer pour augmenter le champ magnétique engendré par le rotor. Les enroulements du stator sont faits en fils de cuivre et reliés en série pour les alternateurs monophasés tandis que pour les alternateurs triphasés ils sont divisés en trois enroulements distincts et disposés à  $120^\circ$  les uns des autres. Les deux extrémités des enroulements débouchent chacune sur une plaque à borne de la machine et représentent l'entrée et la sortie des enroulements. L'entrée et la sortie ne sont pas connectées, c'est à l'utilisateur de faire le couplage [8]. Et ce couplage est toujours en étoile pour les raisons suivantes [7] :

- Disposer d'un point neutre qui permet d'avoir une tension simple et effectuer la mise à la terre du neutre ;
- Supprimer les harmoniques de troisième rang pouvant provoquer les pertes et le déséquilibre de phases.

La figure 7 présente un exemple de stator dans les grandes centrales de production énergétique.



**Figure 7 : Stator**

- **Le rotor**

Le rotor ou l'inducteur, partie mobile de l'alternateur, est un électroaimant ou un aimant qui, alimenté par un courant continu par le biais de balais tourne à l'intérieur du stator et crée un champ tournant. On distingue trois types de rotor (figure 8) : le rotor à pôles saillants, le rotor à pôles lisses et le rotor à aimant permanent [7], [8].

- **Le rotor à pôles lisses** utilisé dans la construction des alternateurs de haute vitesse de rotation des centrales thermiques et de faibles puissances de l'ordre de quelques dizaines de Mégawatt (MW), est un cylindre plein dans lequel des encoches sont usinées. Il possède en général une ou deux paires de pôles.
- **Le rotor à pôles saillants** utilisé dans la construction des alternateurs de basse vitesse de rotation de centrales hydroélectriques et de grandes puissances, est construit court avec de grand diamètre. Il possède un grand nombre de pair de pôles soit 10, 20, voire plus.
- **Le rotor à aimant permanent** est tel que des aimants sont utilisés à la place de l'électroaimant ce qui a l'avantage d'éliminer le système balais bague, les pertes rotoriques et le circuit d'excitation.

La vitesse de rotation **n** du rotor est proportionnelle à la fréquence **f** des tensions et au nombre de paires de pôles **p** :

$$n = \frac{f}{p}$$

Ainsi dans un réseau où la fréquence est 50 Hz, pour P =1 on a n = 3000 tr/min ou P = 2, n = 1500 tr/min.



**Rotor à pôles lisses**

**Rotor à pôles saillants**

**rotor à aimant permanent**

**Figure 8 : Les types de rotor**

### **V.3.2.2. Principe de fonctionnement d'un alternateur**

Le fonctionnement de l'alternateur est soumis à deux conditions essentielles, l'excitation et l'entraînement mécanique. La dernière condition est assurée par la partie mécanique du groupe électrogène c'est-à-dire le moteur.

L'excitation de l'alternateur consiste à l'alimentation du bobinage inducteur (rotor) par une source de courant continu appelé courant d'excitation. La tension produit par l'excitatrice est acheminée au rotor grâce aux balais et des bagues collectrices. Généralement on distingue les modes d'excitation avec balais ou mobile et l'excitation sans balais ou statique.

- **L'excitation avec balais ou mobile**

La tension produit par l'excitatrice qui est directement posée sur l'arbre de l'alternateur, est acheminée au rotor grâce aux balais et des bagues collectrices. La tension générée peut valoir 600V en régime normal et peut être réglée manuellement ou automatiquement en variant l'intensité  $i$  du courant d'excitation de la génératrice. La puissance nominale de l'excitatrice est dépendante de la capacité et de la vitesse de l'alternateur.

- **L'excitation sans balais ou statique**

Ce mode d'excitation est récent. L'excitatrice principale est composée d'une source d'alimentation électrique munie de redresseurs à semi-conducteurs. Son avantage est l'absence de balais et de pièces mobiles diminuant les coûts d'entretien de la machine.

### **V.3.2.3. La régulation de la tension de l'alternateur**

Lorsque l'alternateur est en charge, sa tension de sortie chute en raison de son impédance interne qui est formé de la réactance de fuite et de la résistance de l'induit. Pour maintenir la tension de sortie à une valeur acceptable, on fait appel à un régulateur automatique de tension, AVR (Automatic Voltage Regulator en anglais). Le régulateur automatique de tension est un dispositif électronique constitué de plusieurs composants tels que des diodes, des condensateurs, des résistances, des potentiomètres ou même des microcontrôleurs. IL est destiné à réguler la tension automatiquement. [8]

Lorsque le groupe électrogène est utilisé en parallèle, le régulateur automatique de tension est utilisé pour contrôler le partage de la puissance réactive. En effet, il permet d'agir sur le champ d'excitation du générateur ce qui impacte la puissance réactive. [17]

### **V.3.3. Les accessoires**

#### **V.3.3.1. Le système de commande**

Le système de commande est la partie qui s'occupe de réguler le fonctionnement du groupe électrogène en gérant le démarrage et l'arrêt du groupe électrogène [7], [8]. La partie commande est fonction du mode d'utilisation du groupe. Les systèmes de commande se composent de trois éléments essentiels qui sont le coffret de commande, le coffret de contrôle et le tableau inverseur de source automatique [8].

- **Le coffret de commande**

Il permet le démarrage et l'arrêt du groupe électrogène, en surveillant son fonctionnement et son rendement. Il permet aussi d'arrêter automatiquement le groupe électrogène lorsqu'une situation critique se présente afin d'éviter des dommages importants au niveau du moteur ou de l'alternateur.

- **Le coffret de contrôle**

Ce dernier permet la surveillance permanente du fonctionnement du groupe électrogène ainsi que la tension et le courant de sortie de l'alternateur et à gérer la fréquence du courant.

- **Le tableau inverseur de source automatique**

C'est un dispositif électrique installé dans le groupe électrogène lorsqu'il est destiné à fonctionner en secours. Sa fonction est de permuter l'alimentation de la charge au groupe électrogène lorsque le réseau d'alimentation est interrompu.

#### **V.3.3.2. Le synchroscope**

Il est généralement installé sur tous les groupes de grande puissance qui sont destinés à fonctionner en parallèle avec d'autres groupes électrogènes, ou lorsque le groupe est couplé au réseau d'alimentation. Il fournit une indication en temps réel de la différence de phase entre la tension du générateur et la tension du jeu de barres et permet donc d'emmener chaque phase de groupe en coïncidence avec chaque phase d'un autre ou plusieurs groupes ou avec le réseau à alimenter [3].

#### **V.3.3.3. La batterie et le chargeur de batterie**

La batterie est un accumulateur électrique dont le rôle est d'alimenter le démarreur du moteur en courant continu. Il sert aussi à alimenter quelques accessoires comme le moto ventilateur. Quant au chargeur de batterie, c'est un redresseur du courant alternatif du groupe électrogène qui permet d'alimenter la batterie avec du courant redressé à la bonne tension.

#### V.4. Le mode d'utilisation du groupe électrogène

Un groupe électrogène peut être utilisé de multiple façon selon le lieu d'installation et les enjeux. Ainsi, on peut retrouver le groupe électrogène en :

##### V.4.1. Source principale de production

Dans cette situation, le groupe électrogène est la seule source de production d'énergie de la charge (figure 9). Plusieurs groupes électrogènes sont utilisés à cet effet et le nombre dépend de la puissance du site à alimenter. Des opérations de maintenance périodique sont nécessaires, ainsi N-1 groupes doivent pouvoir assurer la fourniture en électricité sans appel au délestage. [18]

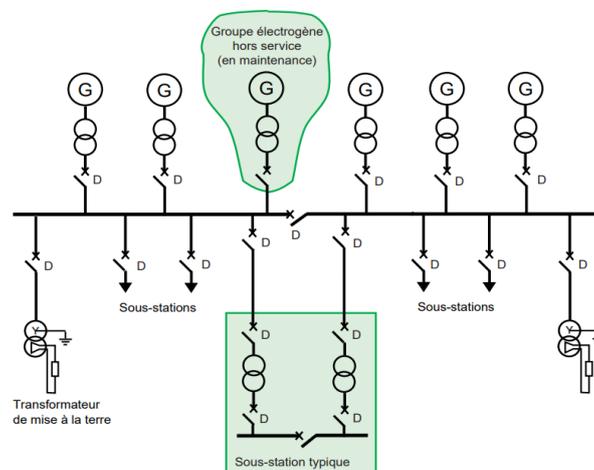


Figure 9 : Site industriel sans raccordement au réseau [3].

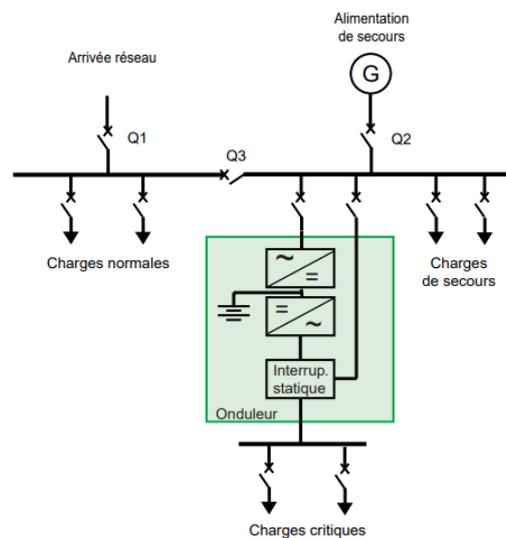
##### V.4.2. Source d'appoint

Comme source d'appoint, le groupe électrogène permet de renforcer le réseau électrique public lorsque la charge devient très importante. Dans ce cas, il se trouve en mode stand-by et n'est sollicité que pendant les heures de pointe de la consommation électrique. Le groupe est donc couplé au réseau sous certaines conditions essentielles qui seront détaillées dans la section II. Lorsque ces conditions sont remplies on parle de synchronisation du groupe électrogène au réseau. Cette synchronisation est réalisée grâce à un dispositif de commande composé de régulateur de vitesse, régulateur de tension d'excitation et de synchrosopes. [7], [18], [19]

##### V.4.3. Alimentation secours

En alimentation secours, le groupe électrogène n'alimente les charges qu'en absence de tension ou de déséquilibre du réseau public (figure 10). Dès l'interruption de l'alimentation du courant électrique, la mise en route du groupe est activée de façon manuelle ou automatique. Ces types

d'installations sont faites dans les lieux où une coupure de courant électrique peut nuire aux êtres humains (hôpitaux, maisons de soins, ...), provoquer des pertes économiques (banques, industries, ...) et ne fonctionnent que quelques heures dans l'année. La figure présente un réseau secouru par un groupe électrogène. [7], [18]



**Figure 10 : Schéma typique de réseau de secours d'un site industriel [3].**

## V.5. Couplage des groupes électrogènes

### V.5.1. Mode de couplage des groupes électrogènes

Le couplage de groupes électrogènes consiste à mettre en parallèle ou en série plusieurs groupes entre eux ou avec le réseau afin de satisfaire la demande énergétique des utilisateurs. Le couplage en parallèle entraîne la sommation des courants tandis que celui en série est une addition des forces électromotrices (f.e.m). Le couplage en parallèle est le plus privilégié car celui en série est plus difficile et instable. Cette solution permet d'utiliser plusieurs groupes adaptés à la demande évitant ainsi de faire fonctionner un seul groupe à sa puissance maximale. Cependant, le couplage est sujet à certaines conditions. [20]

### V.5.2. Les conditions de couplage

Le couplage d'un groupe électrogène avec d'autres groupes ou avec le réseau est conditionné par la satisfaction de trois conditions essentielles à savoir [8], [9], [20]:

- L'égalité des tensions ;
- L'égalité des fréquences ;
- Les deux sources doivent être en phase (concordance des phases).

Lorsque ces trois conditions sont réunies, l'organe de fermeture de puissance est actionné. La fréquence de glissement, c'est-à-dire la différence entre les deux fréquences, doit être suffisamment faible pour que le couplage soit autorisé.

### V.5.3. Les méthodes de couplage

#### V.5.3.1. Le couplage manuel

Pour réaliser le couplage manuel, il est nécessaire de disposer des appareils suivants :

- **Un synchroscope** qui est un dispositif de réglage de la vitesse du moteur diesel. En effet, il mesure la fréquence du groupe et celle du réseau et offre une indication de la concordance des phases.
- **Un voltmètre différentiel ou voltmètre double** qui est un régulateur de tension qui permet de contrôler les tensions du groupe et le jeu de barres.

Un opérateur surveille et enclenche la synchronisation des GE lorsque les conditions de couplages sont satisfaites. [21]

Cette méthode présente des limites tels que :

- Non commandé à distance ;
- Nécessité d'avoir un opérateur sur place pour enclencher la synchronisation ;
- Manque de précision des valeurs de tension, de la fréquence.

#### V.5.3.2. Le couplage automatique

En ce qui concerne le mode automatique, cela nécessite de disposer :

- **Un synchroniseur** qui par action sur la consigne de vitesse du régulateur, ramène les tensions au synchronisme (même vitesse).
- **Un égaliseur de tension**, elle assure l'ajustement de la tension de l'alternateur à celle de la source de référence.
- **Un coupleur**, il procède au contrôle de l'ensemble des conditions de couplages et délivre l'ordre de fermeture de l'organe de coupure. [21]

La synchronisation automatique est limitée par l'investissement de départ.

### V.5.4. Le but de la synchronisation

La synchronisation des GE vise plusieurs objectifs en fonction du besoin et de leur utilisation dans leur environnement on peut citer :

- Flexibilité : alimenter l'installation via des groupes électrogènes de différentes puissance, de constructeurs différents, etc. ;
- Une gestion optimale et intelligente de l'énergie disponible ;
- Une maintenance plus facile car mieux planifiée ;
- Une expansion de l'installation électrique plus flexible ;
- Disponibilité de l'alimentation de secours même durant les opérations de maintenance sur un groupe ;
- Economie dans la consommation de carburant et l'entretien des groupes électrogènes ;
- Une gestion à distance du parc électrique.

### **V.3. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la technologie générale des groupes électrogènes, leur principe de fonctionnement, leur mode d'utilisation ainsi que leur mode de couplage que ce soit entre eux ou avec le réseau public d'électricité.

Dans le chapitre suivant, nous abordons l'étude technique. Elle consiste à présenter clairement les GE Cummins à étudier et à détailler le matériel ainsi que la mise œuvre de la solution de synchronisation choisie.

## VI. ETUDE TECHNIQUE

L'étude technique vise à présenter la solution de synchronisation automatique conçue pour les groupes électrogènes Cummins qui nous ont été donnés en passant par une description des groupes Cummins étudiés.

Il ne nous a pas été soumis un local d'étude avec cahier de charges néanmoins, connaissant la marque et la puissance des GE d'étude nous avons pu effectuer les différents calculs et choix nécessaires afin d'établir le bilan matériel et financier du projet.

### VI.1. Etude du groupe électrogène Cummins 400kVA

L'étude est menée sur le groupe électrogène diesel **C400D5** de la gamme moteur série **NT855** du constructeur Cummins [22]. Ce GE est un système intégré de production d'énergie présentant de très bonnes performances, une fiabilité et une polyvalence optimales pour des alimentations en secours, en principale ou en service continu. Il est construit pour fournir une tension composée de 400V sous une puissance de secours (puissance standby) de 400 kVA (320 kW) contre une puissance principale de 360 kVA (288 kW) le tout à une fréquence de 50 Hz.

La figure 11 offre une vue d'ensemble du GE. Le GE C400D5 est constitué d'un moteur diésel, d'un alternateur, et d'un module de commande électronique et des accessoires habituels. L'annexe 1 présente la fiche technique du GE où on retrouve plus d'information sur celui-ci.



Figure 11 : Vue d'ensemble du groupe électrogène C400D5 GE

#### VI.1.1. Le moteur diésel

Le groupe électrogène est muni d'un moteur diésel industriel robuste à quatre (4) temps **NT855-G4** de la marque **Cummins** (figure 12) [22]. Il garantit une source d'énergie fiable et des

niveaux d'émission bas. Il est à injection directe, refroidi à l'eau et produit peu d'émissions. Le fonctionnement du moteur est efficacement amélioré avec l'intégration d'une pompe de circulation et un thermostat d'eau. Le circuit de combustion qui lui est associé, est constitué de 6 cylindres en fonte montés en série. Avec une vitesse de 1500 trs/mn, il est conçu pour fonctionner à une température ambiante de 50°C. L'annexe 1 présente les spécifications du moteur.



**Figure 12 : Moteur diesel Cummins NT855G**

#### **VI.1.2. L'alternateur**

L'alternateur triphasé incorporé au GE est de la série **STAMFORD HC4** (figure 13) [22], à palier unique sans balai et auto-excitation avec un système d'isolation de classe H. Il peut évoluer dans des températures de 125°C à 163°C avec les caractéristiques suivantes :

- Tension : 230/400 V ;
- Puissance apparente (S) : 400 kVA ;
- Puissance nominale (P) : 320 kW ;
- Facteur de puissance : 0.8 ;
- Fréquence : 50 Hz.



**Figure 13 : Alternateur STAMDFORD**

### VI.1.3. Le système de commande

Le GE est muni du système de commande **PCC2100** de **Cummins** qui est un système de contrôle et de surveillance basé sur un microprocesseur. Cette dernière permet le démarrage et l'arrêt automatique à distance sous réception d'un signal. Elle fournit également une interface opérateur au groupe électrogène, une régulation précise de la vitesse du moteur et de la tension de l'alternateur, l'affichage de messages d'alarme, des états et de l'historique des défauts, une gouvernance numérique et des fonctions de protection du groupe électrogène ainsi qu'une option de mesure en bar graphe. Cependant, le PCC2100 n'offre aucune possibilité de couplage ni de fonction de transfert à pleine charge ou de transfert de charge progressif ou de transfert et puissance constante au réseau. Néanmoins, il dispose en option de fonction de transfert de charge, de contrôle de l'inverseur de source groupe/réseau [11], [22]. La figure 14 offre une image du module de contrôle et l'annexe 2 offre plus d'information sur le système de commande PCC2100.



**Figure 14 : Système de commande PCC2100.**

1. Bouton d'arrêt d'urgence permettant d'arrêter le groupe électrogène en cas de problème susceptible de mettre en danger la sécurité des personnes et des biens – 2. LED d'indication : les trois premiers pour la marche, l'arrêt et non en mode Auto et les cinq derniers configurables à souhait – 3. Bouton d'accueil – 4. Bouton menu précédent – 5. Affichage numérique des alarmes et des messages d'état. – 6. Sélection du menu 4 boutons – 7. LED option mesure bar graphe – 8. Commutateur de commande MARCHE/ARRÊT/AUTO permettant de définir le mode de marche du GE.

### VI.2. La synchronisation automatique

Dans cette partie, nous nous intéressons uniquement au volet synchronisation des deux groupes électrogènes. Ainsi, le côté commutation réseau et groupes électrogène n'est pas mis en œuvre ici. Néanmoins, sachons que la commutation des deux sources est assurée par un inverseur de

source qui fait basculer les charges sur les groupes électrogènes en cas de coupure du réseau et les ramène lorsque le réseau est rétabli.

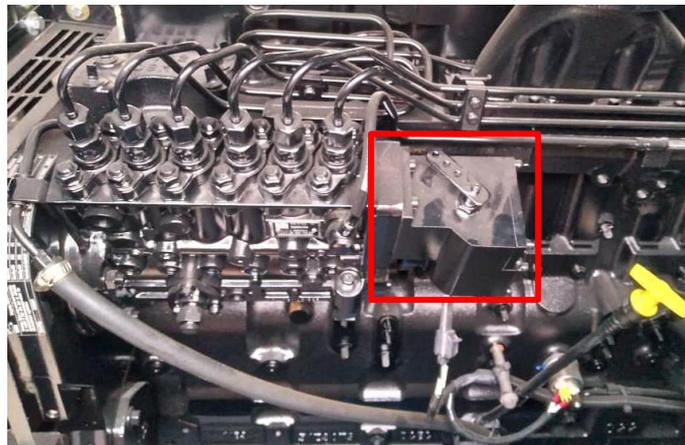
### **VI.2.1. La régulation de la fréquence et de la tension du groupe**

Comme évoqué plus haut, pour une synchronisation automatique réussie, il est nécessaire que la tension et la fréquence des sources soient égales et que les phases soient en concordance. Pour ce faire une régulation de la vitesse du moteur et de la tension en sortie de l'alternateur est nécessaire.

- **Le gouverneur de vitesse**

Le gouverneur, installé sur la pompe d'injection, est un moteur à courant continu qui se comporte comme une vanne motorisée, par rapport à la consigne de la vitesse une impulsion provenant du module de synchronisation lui est envoyé soit pour qu'il augmente ou soit pour qu'il diminue le débit de carburant jusqu'à ce que la consigne soit satisfaite.

Le premier groupe débitant déjà sur le jeu de barre, le second module de synchronisation lit sa vitesse et ainsi commande l'ajustement de la vitesse du second groupe afin d'avoir la même valeur de vitesse pour autoriser le couplage. Et c'est le gouverneur qui va exécuter cette tâche. La vitesse de rotation du moteur diesel étant liée à la fréquence ( $f = n \cdot p$ ), le gouverneur en ajustant le débit de carburant régule de ce fait la fréquence du moteur. Sur la figure 15 on peut voir le gouverneur de vitesse dans le cadrant rouge.



**Figure 15 : Gouverneur de vitesse**

- **Le régulateur automatique de tension**

La régulation de la tension est assurée par le régulateur automatique de tension. Le régulateur automatique de tension agit sur l'excitation de l'alternateur afin d'ajuster la tension. Le contrôleur de synchronisation émet une impulsion vers le régulateur automatique de tension pour qu'il se stabilise à la consigne de tension. Il régule par la même occasion la puissance

réactive de la génératrice et contrôle le courant induit par les enroulements du rotor. Cependant tous les régulateurs automatiques de tension n'ont pas d'entrée commandable par une impulsion donc ne permettent pas une synchronisation automatique. Pour se faire, il faut disposer d'un régulateur automatique de tension commandable comme par exemple le régulateur de la série R448 de Leroy Somer [23] (figure 16) qui dispose de sortie que l'on peut commander.

La carte de contrôle envoie des impulsions tant que les consignes de vitesse et de tension ne sont pas atteintes.



Figure 16 : Régulateur automatique de tension R448 [24]

### VI.2.2. Synoptique du système de synchronisation automatique

Cette section offre un aperçu global du système de synchronisation automatique (figure 17) avec les principaux équipements.

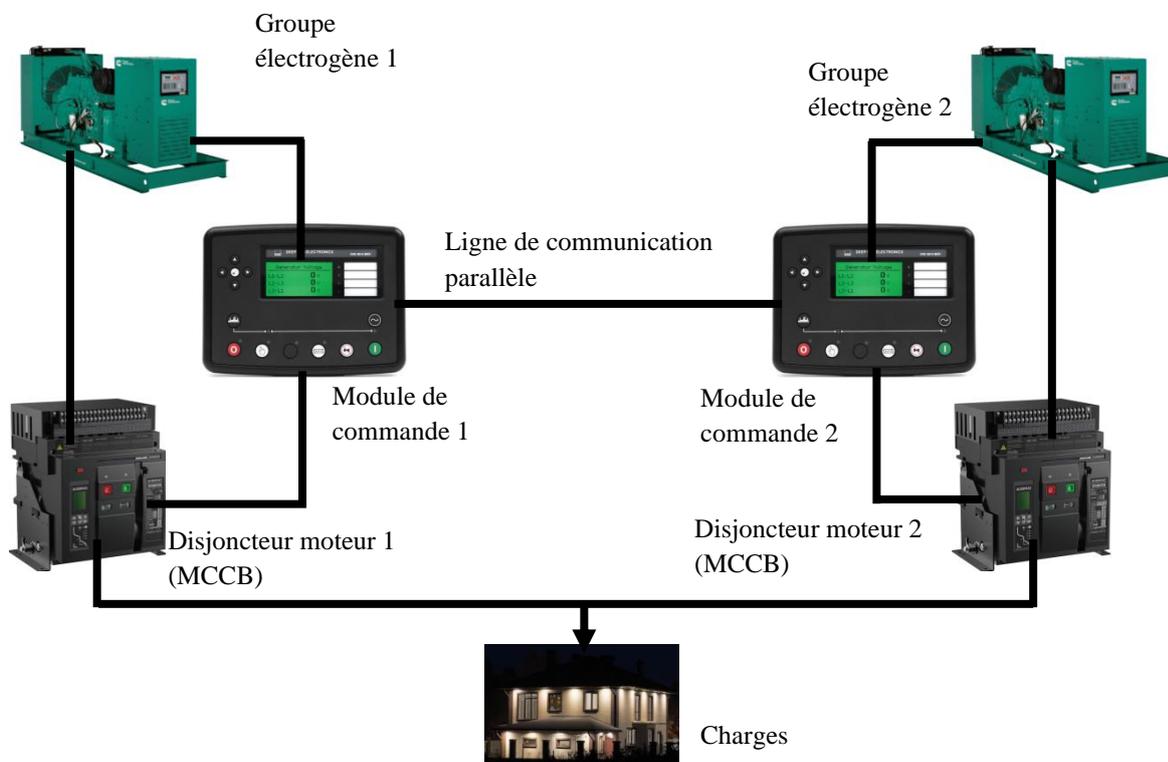


Figure 17 : Synoptique de la conception de synchronisation

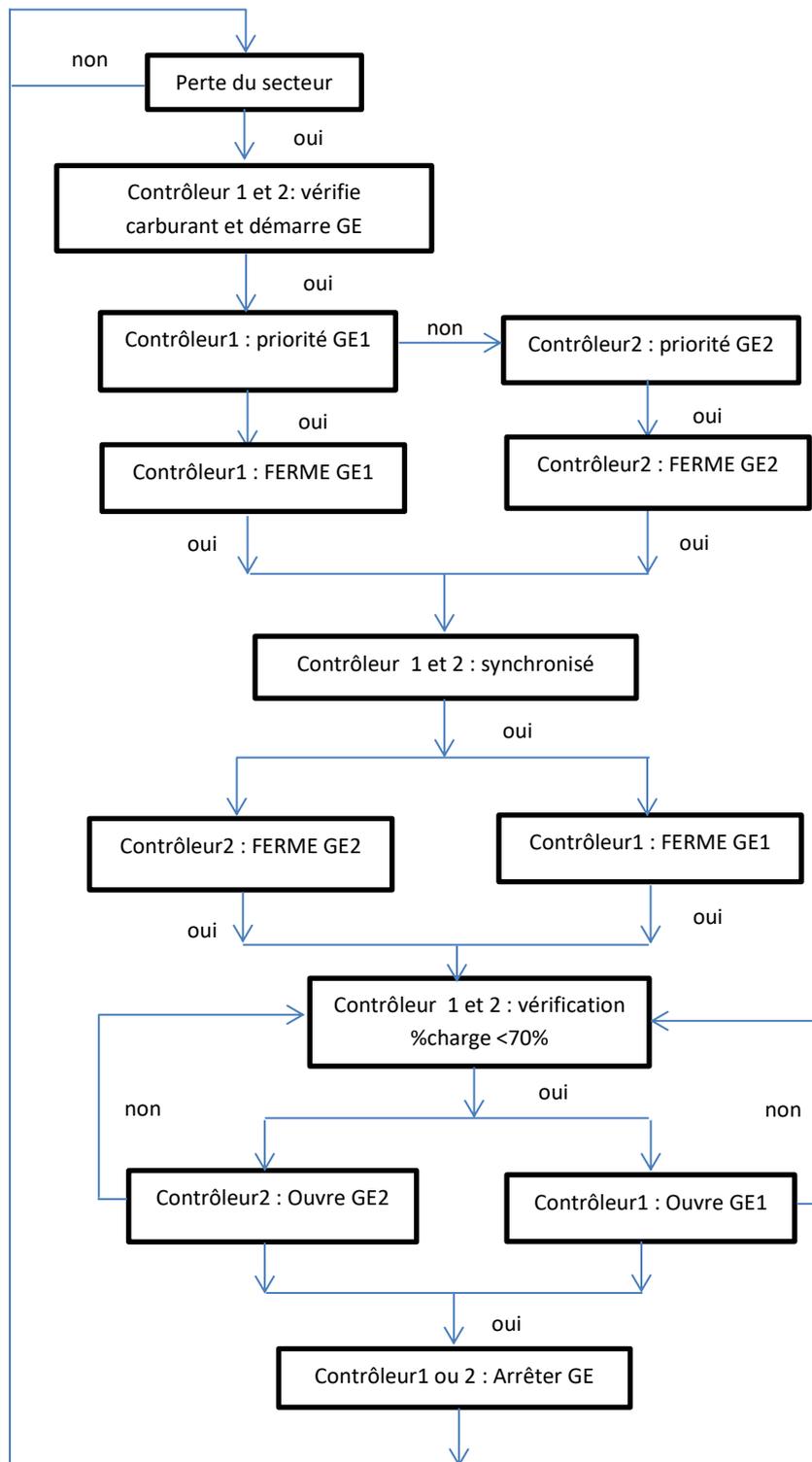
### **VI.2.3. Description du fonctionnement du système de synchronisation automatique**

Avec cette configuration, les groupes électrogènes assurent l'alimentation des charges en cas de perte du réseau public. Dès que l'absence de tension sur le jeu de barre est constatée, l'ordre de démarrage est donné par l'inverseur de source automatique aux modules. En fonction du programme implémenté dans ces derniers, ils vérifient que les conditions de démarrage (niveau d'huile, niveau des batteries, niveau du carburant, niveau et température d'eau, etc.) sont remplies et si oui, ordonnent l'ordre de démarrage aux moteurs des groupes qui au bout 5s à 10s démarrent. Lorsque ces derniers atteignent leur plein régime, ils entraînent la rotation de l'alternateur qui fournit de l'énergie électrique alternative par d'auto-induction. Les modules de contrôle commandent la fermeture des disjoncteurs principaux liant les groupes électrogènes au jeu de barre lorsque la tension et la fréquence sont en accord avec ceux du jeu de barre. Tout ce processus se passe en quelques secondes. Lorsque le réseau public redevient disponible, les contrôleurs commandent l'ouverture des disjoncteurs. Les contrôleurs sont paramétrés de telle sorte que les groupes électrogènes ne produisent que ce que l'utilisation demande.

A la réception de l'ordre de démarrage, deux possibilités s'offrent à nous soit les groupes démarrent l'un à la suite de l'autre soit tous les deux groupes démarrent ensemble. Dans notre conception, nous avons opté pour la seconde solution qui consiste à démarrer les deux groupes au même moment. Ainsi, après démarrage, le groupe prioritaire assure en premier l'alimentation de la charge et le seconde groupe viendra se synchronise aux valeurs imposées par le premier groupe sur le jeu de barres et ils prennent la charge équitablement. Après cela, s'effectue un contrôle de puissance et si la demande de la charge dépasse la puissance maximale à laquelle doit fonctionner un groupe, les deux groupes restent en marche et débitent sur le jeu de barres d'alimentation pour secourir la charge sinon le module du groupe prioritaire empêche le groupe non prioritaire de débiter.

Notons que les deux groupes fonctionneront en même temps si la charge dépasse les limites fixées par l'utilisateur. Par défaut les limites sont fixées à l'intervalle [70%, 80%]. A la valeur minimale ( $\leq 70\%$ ), seule un groupe débite jusqu'à 80% ( $> 80\%$ ) où le seconde va débiter aussi. A 80%, les deux groupes débitent.

Dans notre étude nous avons choisi de mettre en œuvre cette solution car cette configuration permet de réduire le temps de démarrage des GE ainsi d'avoir toute la puissance nécessaire en un temps record. La figure 18 montre un résumé du fonctionnement du système.



**Figure 18 : Organigramme de fonctionnement**

#### **VI.2.4. Le protocole de communication**

Un protocole de communication est un ensemble de règles et de codes de langage qui définissent comment se déroule la communication entre un émetteur et un récepteur. Il existe différents types de protocoles : RS232, RS485, Modbus TCP/IP, Modbus RTU, Canbus, Ethernet et bien d'autres. Pour la mise en œuvre du système de synchronisation, il est important de choisir le

bon protocole de communication qui va assurer une bonne communication entre les modules de contrôle.

Dans l'univers des groupes électrogènes, le protocole RS485 est largement utilisé pour l'acquisition et le contrôle de données. Il offre une communication point à point des appareils. En effet, c'est un réseau de communication multipoint qui permet de faire communiquer jusqu'à 32 pilotes et 32 récepteurs sur un seul bus à deux fils (un fil de donnée et souvent un fil de masse [25]).

Dans notre étude, le protocole RS485 basé sur le modèle maître/esclave, est donc utilisé. Le protocole RS485 offre de larges avantages tels :

- Assure un échange de données bidirectionnel à travers une paire torsadée de fils ;
- Une grande longueur de la ligne de communication jusqu'à 1200m ;
- Une vitesse de transmission élevée (100kbits/s à 1200m, 5Mbits/s à 20m) ;
- Une prise en charge de plusieurs émetteurs-récepteurs connectés à la même ligne et facile à mettre en œuvre.

#### **VI.2.5. Choix et description des équipements électriques du système**

Dans le cadre de notre projet, plusieurs paramètres sont à considérer pour choisir les différents équipements. Ce sont :

- Courant débité par le générateur pour le choix du disjoncteur principal ;
- Protection des personnes et des équipements ;
- Temps de basculement entre les sources d'alimentation du module de contrôle ;
- Possibilité de mise en parallèle du module de contrôle ;
- Modification du programme interne du module ;
- Interface de communication et de programmation ;
- Possibilité de définir la priorité des GE ;
- Surveiller la synchronisation ;
- Arrêter le système dès que le besoin se fait ressentir.

Pour ne citer que ceci. Avec le choix du module d'autres points clés seront à considérer.

##### **VI.2.5.1. Le coffret inverseur ATS**

Un inverseur de source automatique (ATS) permet de détecter l'absence de la source principale et d'effectuer le transfert automatique sur la source de secours. Dans notre cas, l'ATS n'est pas localisé dans l'armoire de synchronisation automatique mise en place mais dans un autre

coffret. Cependant, il est connecté à notre système de couplage à travers une sortie relais NF. A la perte du réseau principal, il ferme son contact NF et donne l'information de démarrage aux deux modules de synchronisation automatique utilisés.

Dans cette étude nous nous intéressons au volet synchronisation alors nous ne nous étalerons pas sur le coffret inverseur.

### VI.2.5.2. Le disjoncteur principal

Pour choisir le disjoncteur principal qui convient, nous déterminons le courant d'emploi à savoir celui délivré  $I_b$  par le groupe par la formule :

$$P = \sqrt{3} U I_b \cos \varphi \quad \text{alors} \quad I_b = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi}$$

$$\text{AN: } I_b = \frac{320\,000}{\sqrt{3} * 400 * 0.8} \Rightarrow I_b = 577,350\text{A}$$

Le courant assigné du groupe est  $I_b = 577\text{A}$ , il faut prendre un disjoncteur capable supporter un tel courant. En nous basant sur la norme CEI 60947-2 et les exigences du projet, nous sommes amenés à prendre un disjoncteur motorisé à air de courant assigné  $I_n = 630\text{ A}$ . Ainsi notre choix s'est porté sur le disjoncteur universel de type intelligent à 4 pôles de la série ASKW1-3200/4P du constructeur AiSIKAI (voir annexe 3). Ce dernier assure principalement la distribution de l'énergie électrique et la protection des circuits et équipements électriques contre les surcharges, les sous-tensions, les courts-circuits et les défauts de mise à la terre. Il dispose d'une fonction intelligente de protection et d'isolation et d'une interface de communication ouverte satisfaisant aux exigences du contrôle centralisé des systèmes d'automatisation [26]. Le tableau 1 présente les principaux paramètres du disjoncteur ASKW1-3200/4P devant servir dans l'installation.

**Tableau 1 : Caractéristiques du disjoncteur [26].**

Modèle	ASKW1-3200A
Tension assignée ( $U_{imp}$ )	12 kV
Tension nominale ( $U_e$ )	400 V-690 V CA
Courant nominal du boîtier ( $I_{nm}$ )	630 A-3200 A
Pouvoir de coupure ( $I_{cu}$ )	100 kA à 400 V
Pouvoir assigné de coupure ( $I_{cs}$ )	65 kA à 400 V
Nombre de pôles (P) protégés	4
Fréquence du réseau	50 Hz

### VI.2.5.3. Le module de contrôle

Le principal équipement pour la synchronisation automatique est le contrôleur de synchronisation. C'est automate programmable qui assure la commande de pré actionneurs et

d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique. Il doit offrir une synchronisation aisée, un partage facile de la charge entre les générateurs.

Parmi tant d'autres sur le marché, nous avons porté notre choix sur le module de contrôle de démarrage automatique, de synchronisation et de partage de charge le DSE8610 MKII du constructeur britannique Deep Sea Electronics (DSE). Outre les points cités plus haut, ce module de dernière génération est conçu pour gérer les applications de générateur et est doté de multiples fonctionnalités et avantages inégalés dans l'industrie du contrôle de générateur. Il permet de synchroniser jusqu'à 32 générateurs et est parfaitement compatible avec les groupes électrogènes de la marque Cummins. En termes de sécurité, le DSE8610 MKII dispose de la fonction de protection IP65 ce qui permet d'éviter les retours de puissance [27].

Le contrôleur DSE8610 MKII est configurable et programmable en PLC via le logiciel DSE configuration suite pc software. Les caractéristiques générales du module sont résumées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Caractéristiques générales de DSE8610 MKII**

Nom	DSE8610 MKII
Tension d'alimentation recommandée	5-35V DC
Tension de fonctionnement	24V
Courant maximal	530mA-12V, 280mA-24V
Courant maximal en standby	320mA-12V, 160mA-24V
CT secondaire	1A-5A
Fréquence	3.5Hz - 75Hz
Tension de générateur et du bus :	Phase-Neutre: 15V-415V AC Phase-Phase: 26V-719V AC
Port d'entrées/sorties numériques	12/8
Port d'entrées analogues	4
Classe de protection	IP65

Nous pouvons retrouver toutes les informations complémentaires en se référant à la fiche technique du contrôleur en annexe 4. La figure 19 offre un aperçu du module DS8610 MKII.



**Figure 19 : Module de contrôle DSE 8610 MKII [27]**

1. Affichage du menu permet de visualiser les différents paramètres et de lire leurs valeurs – 2. Ecran de texte LED rétroéclairé permet d'afficher les différents défauts (pression, niveau de

carburant, température et niveau d'huile) – 3. Bouton démarré générateur – 4. Alarme muette/Test lampe – 5. Bouton d'activation du mode automatique – 6. Bouton d'activation du mode manuel – 7. Bouton poussoir permettant l'arrêt du module – 8. Boutons de navigation dans le menu.

#### **VI.2.5.4. Les matériels utilisés**

En tenant compte des paramètres définis précédemment pour la réalisation du système de synchronisation automatique, il nous faut en plus du module et du disjoncteur le matériel suivant :

- Un bouton poussoir pour réinitialiser le système en cas de défaut ;
- Un bouton arrêt d'urgence qui permet l'arrêt à tout moment du système lorsque le besoin se fait ressentir ;
- Trois lampes LED, une qui signale l'arrêt d'urgence et deux autres qui signalent s'il y a un défaut de synchronisation des GE ;
- Un commutateur 3 positions qui indique le mode de fonctionnement du système : automatique, arrêt ou manuel ;
- Un commutateur 2 positions pour déterminer le GE prioritaire c'est-à-dire lequel des GE alimente en premier les charges lorsque le réseau est absent ;

Les différents équipements électriques cités plus haut sont situés sur la porte de l'armoire électrique. En tenant toujours compte de nos besoins et en s'aidant de la fiche technique du contrôleur, nous avons repéré le reste des équipements dont nous avons besoin pour réaliser la synchronisation automatique. Ces derniers sont localisés à l'intérieur de l'armoire électrique. Ils ont un rôle d'informations et de protection. Ainsi on a :

- Fusibles 2 A, utilisés pour protéger les phases du générateur, du bus de tension et celle de la batterie ;
- Fusibles 4 A assurent la protection de la phase L1 connectée au disjoncteur de couplage ;
- Transformateur de courant (CT) 600/5A assurent la conversion du courant de chaque phase du générateur en 5 A acceptable par le contrôleur de synchronisation ;
- Un relais pour le démarrage du moteur ;
- Un relais de commande de niveau de carburant du générateur ;
- Un relais commande l'ouverture de la connexion sur le jeu de barre du disjoncteur ;

- Un relais commande l'alimentation du jeu de barre lorsque le générateur est prêt et que disjoncteur est fermé, il ferme son contact pour le passage du courant ;
- Une résistance 120  $\Omega$  afin de protéger la connexion entre les deux modules ;
- Un relais pour contrôler le contacteur du mode de fonctionnement automatique ou manuel ;
- Un relais localisé dans le coffret de l'ATS qui donne l'information d'absence du réseau public.

Le tableau 3 présente la liste complète du matériel utilisé pour la conception du système. On pourra retrouver un complément d'information des fiches techniques de quelques matériaux en annexe 5 et annexe 6.

**Tableau 3 : Liste complète du matériel utilisé.**

Désignation	Quantité
Module de synchronisation DS8610 MII	2
Disjoncteur motorisé 630A	2
Transformateur de courant 600/5	6
Fusible 2A	17
Fusible 4A	2
Relais 24VDC	14
Commutateur 3 positions	1
Commutateur 2 positions	2
Bouton arrêt d'urgence	1
Bouton poussoir	1
Lampe LED 24V	3
Sélecteur batterie 24V	1
Armoire électrique	1

#### VI.2.6. Schéma électrique du système de couplage automatique

Le schéma électrique de l'ensemble du système est réalisé avec le logiciel Xrelais. Nous présentons ci-dessous (figure 20) une partie du schéma électrique de câblage des modules et la suite en annexe 8. A l'annexe 7, on retrouve l'adressage du contrôleur qui a été fait de manière spécifique en suivant le diagramme de câblage et en fonction de l'utilisation souhaité et la notation de chaque composant du système.

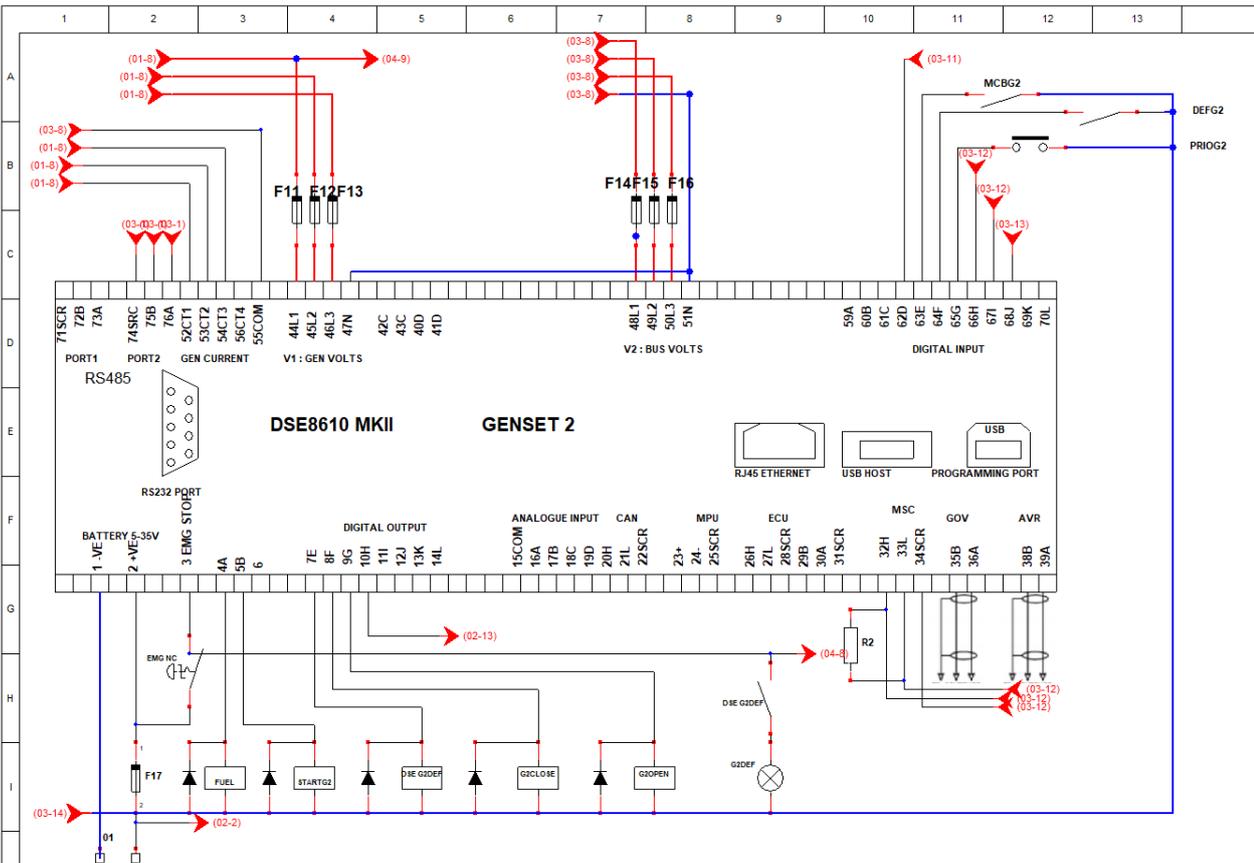
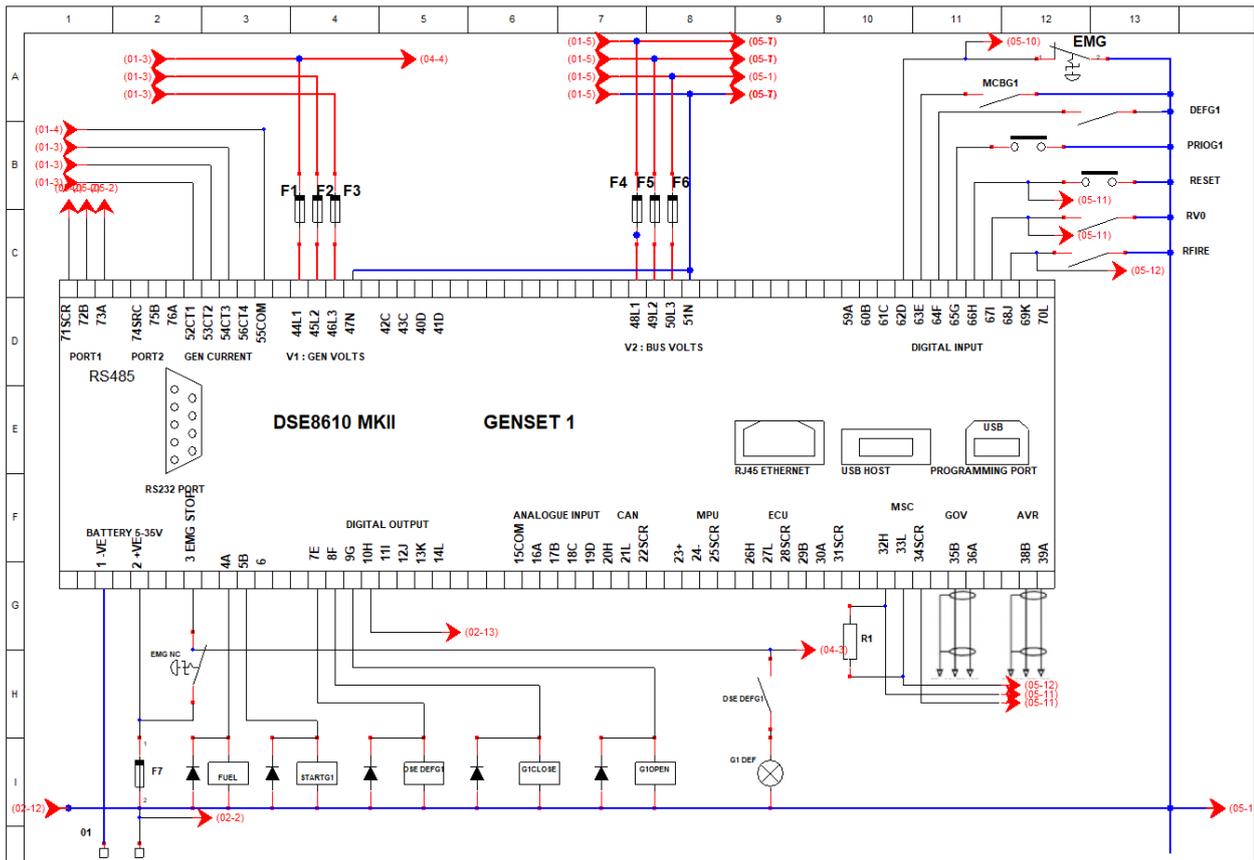


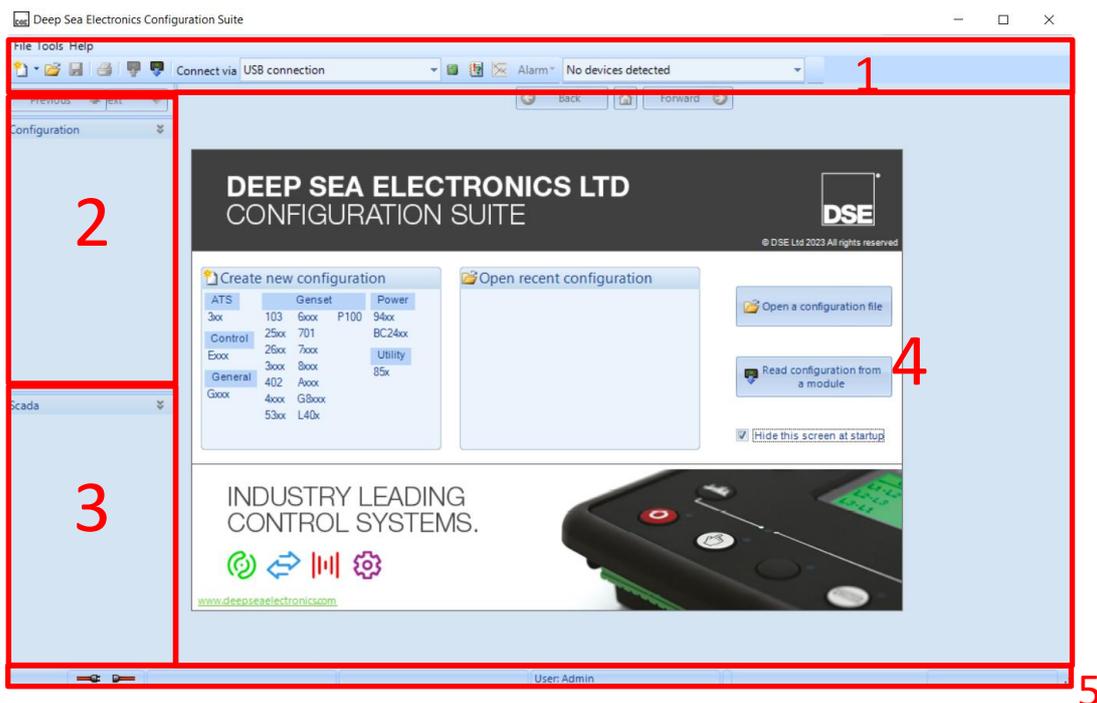
Figure 20 : Schéma de câblage des deux modules DS8610 MKII.

### VI.3. Programmation des modules

Le langage de programmation du module est le Ladder. C'est un langage graphique inspiré des réseaux électriques et dont la syntaxe d'instructions est issue des schémas à relais. Il est couramment utilisé dans les automates programmables industriels pour la programmation de logique de contrôle.

- **Environnement de travail**

Le logiciel de configuration DES permet la programmation du module DSE8610 MKII. Il est téléchargeable gratuitement sur le site officiel [www.deepseaelectronics.com](http://www.deepseaelectronics.com) de la compagnie après avoir ouvert un compte utilisateur sur le site. La figure 21 nous donne un aperçu de l'interface du logiciel au démarrage. La programmation effective en Ladder du module nécessite que l'ordinateur soit connecté directement à un module car le logiciel a besoin de son adresse IP pour le lancer.



**Figure 21 : Interface du logiciel DSE Configuration Suite**

1- Menu et la barre d'outils ; 2- fenêtre de choix et configuration des modules ; 3- fenêtre de gestion et programmation Scada utilisé uniquement lorsque le module est connecté à l'ordinateur ; 4- fenêtre de visualisation des différentes configurations et programmes ; 5- Affiche l'état de connexion du module à l'ordinateur.

- **Configuration du module DSE8610 MKII**

Cette section consiste à faire le paramétrage des différentes grandeurs à surveiller, les adressages. Après le démarrage du logiciel, on choisit la version du contrôleur DSE8610 MKII qui convient parmi tant d'autres versions disponibles sur le logiciel. Après le choix du contrôleur, on configure les paramètres tels que :

- ◆ Choisir le type de moteur : Cummins ;
- ◆ Vitesse de rotation : 1500 tours/mn ;
- ◆ L'alternateur :
  - Puissance : 400kVA
  - $\cos \varphi = 0.8$
  - Tension : 15V-790V
  - Fréquence : 50Hz
  - Intensité : 0A-600A
- ◆ Les entrées numériques 62D à 68J ;
- ◆ Les sorties numériques 4A à 10H ;
- ◆ Le gouverneur et le régulateur automatique de tension ;
- ◆ Le port de communication.

L'annexe 9 offre des images de la configuration.

#### **VI.4. Estimation budgétaire du matériel**

Cette section vise à faire une évaluation du coût total du projet de mise en place du système de synchronisation automatique des GE. Le tableau 4 présente juste le coût du matériel. Le coût de l'installation et de la main d'œuvre est laissé à l'appréciation de l'entreprise.

**Tableau 4 : Evaluation des besoins matériels**

Désignation	Référence	Quantité	Prix unitaire FCFA	Prix Total FCFA
Module de synchronisation	DS8610 MKII	2	1 800 000	3 600 000
Disjoncteur motorisé	ASKW1-3200	2	800 000	1 600 000
Contacteur 4P	Schneider LC1G2254LSEA	2	900 000	1 800 000
Transformateur de courant 600/5	Schneider LV480888	6	80 000	480 000
Porte fusible 2A	Schneider A9N15646	17	25 000	425 000
Porte fusible 4A	Schneider A9N15646	2	25 000	50 000
Relais 24VDC	Schneider RXM4AB1BD	14	30 000	420 000
Interrupteur 3 positions	Schneider XB5ADCUST01	1	20 000	20 000
Interrupteur 2 positions	Schneider XB4FDCUST01	2	20 000	40 000
Bouton arrêt d'urgence	Schneider XB4BS8445	1	20 000	20 000
Bouton poussoir	Schneider XB4BA42	1	15 000	15 000
Lampe LED rouge 24V	Schneider XB7EV04BP	3	10 000	30 000
Coupleur de batterie avec sélecteur 24V	Blue-sea	1	150 000	150 000
Armoire électrique	Schneider NSYSF18840T	1	1 500 000	1 500 000
<b>Total HT (FCFA)</b>				<b>10 150 000</b>
<b>TVA 18 % (FCFA)</b>				<b>1 827 000</b>
<b>Total TTC (FCFA)</b>				<b>11 977 000</b>

Le coût global du projet hormis les éléments cités plus haut pour la solution conceptuelle que nous avons choisie est estimé à environ **11 977 000 F CFA** toutes taxes comprises.

#### **VI.5. La maintenance des groupes électrogènes de secours**

Tout équipement électrique a besoin d'un bon entretien et une bonne maintenance pour garantir une performance optimale et une meilleure et longue vie utile. Il en est de même pour les groupes électrogènes Cummins. La maintenance doit être effectuée par des techniciens qualifiés. La maintenance est définie selon l'association française de normalisation (AFNOR) via la norme NF-EN13306 comme étant un ensemble d'actions administratives, techniques et managériales apporté à un équipement durant son cycle de vie afin de le maintenir ou le rétablir dans un état capable de réaliser aisément la ou les fonctions pour laquelle il a été conçu [7]. Deux concepts de maintenance sont à distinguer [7] :

- La maintenance préventive : elle est faite à des intervalles de temps prédéfinis ou selon des critères prescrits ; visant à réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un équipement ceci dans le but de maintenir celui-ci dans un état capable de remplir la fonction pour laquelle il a été conçu.

- La maintenance curative : elle est pratiquée à la suite d'une panne, d'une défaillance constatée sur un équipement, ceci dans le but de rétablir l'équipement dans un état capable d'accomplir sa fonction requise.

### **VI.5.1. La maintenance préventive des groupes électrogènes**

En ce qui concerne la maintenance d'un groupe électrogène de secours, la fréquence des vérifications peut se définir, en accord avec les recommandations du constructeur, suivant le nombre d'heures de fonctionnement (t) par année comme suit [7] [9] :

- $t < 100$  heures/an, une (1) vérification complète annuelle ;
- $t < 500$  heures/an , trois (3) vérifications complètes annuelles.

Aussi, est-il conseillé de réaliser un essai en charge pendant une durée d'environ 1 heure après la stabilisation des paramètres de contrôle chaque mois. Une charge supérieure à 50% de la puissance nominale est recommandée (idéalement 80% pour un dégrasage efficace du moteur) afin d'obtenir un aperçu correct du fonctionnement réel du groupe électrogène. Les essais à vide ne sont pas recommandés et ne doivent pas excéder 10 min ni être répétés sans essais mensuels de charge. L'essai sans charge permet seulement de contrôler le bon démarrage du moteur sans vérifier le fonctionnement intégral du groupe électrogène. [9]

Parmi toutes les vérifications techniques (mécaniques et électriques) recommandées par le constructeur on peut citer quelques points comme [9], [28], [29] :

- Les paramètres de contrôle (vérification et réglage) :
  - Maintien de la température de l'eau de refroidissement à température constante lorsque le groupe est arrêté ;
  - Contrôle de la température de l'huile ;
  - Vérification du niveau d'huile, d'eau et de combustible, du dispositif de réchauffage du moteur et de l'état de la source utilisée pour le démarrage chaque 15 jours par un agent qualifié.
- Le relevé des paramètres par le système de contrôle-commande et notamment la surveillance du système de démarrage ;
- Le nettoyage du filtre à air est préconisé toutes les 50 heures de fonctionnement et son remplacement chaque année est vivement conseillé ;
- Le nettoyage des bougies s'effectue toutes les 100 heures de fonctionnement et leur remplacement toutes les 300 heures de fonctionnement ;
- Nettoyer la chambre de combustion tous les deux ans ;

- Tous les ans, régler les soupapes, nettoyer et purger le réservoir de carburant ;
- Tous les six mois, nettoyer le pare étincelle et contrôler le tuyau de carburant. Il faut prévoir de le remplacer si celui-ci est endommagé ;
- Les tâches d'entretien courant (lubrification).

Cummins Generator Technologies propose des calendriers d'entretien que l'on peut acheter auprès de leur service clients dont un exemple est présenté en annexe 10 [29]. Toutefois, les utilisateurs peuvent élaborer eux-mêmes des calendriers et fiche d'entretien en accord avec les prescriptions et recommandation de maintenance du constructeur. La figure 22 en est un exemple.

PLAN DE MAINTENANCE – Inventaire et planning prévisionnel des interventions												
INSTALLATION : GROUPE ÉLECTROGÈNE				N°				Code document :				
												Page 4/7
PLAN DE MAINTENANCE DU GROUPE ÉLECTROGÈNE			PÉRIODICITÉ									
module: alternateur	travail à effectuer	avant de démarrer	Durant le fonctionnement	Hebdo	200 hrs	1000 hrs	4000 hrs	8000 hrs	20000 hrs	30000 hrs	40000 hrs	
tous les composants de l'alternateur	mesure de l'isolement du moteur							x				
	nettoyage des enroulements du stator								x			
	nettoyage des enroulements de la roue polaire								x			
	nettoyage des enroulements de l'excitatrice (stator et rotor)								x			
	Vérification du roulement arrière									x		
	nettoyage du pont de diode							x				
	nettoyage du module de régulation					x						
	nettoyage externe de l'alternateur				x							
	nettoyage de la boîte à borne								x			
	vérification de l'accouplement										x	
	vérification de l'amortisseur de vibration										x	
vérification mécanique de tous les boulons de fixation et des connexions électrique					x							

Figure 22 : Plan de maintenance d'un groupe électrogène [15]

### VI.5.2. La maintenance curative des groupes électrogènes

Les opérations de maintenance curatives des groupes électrogènes se résument à des interventions de dépannage ou corrective et de réparation ou palliative [7].

- La réparation permet de remettre en état parfaite et même garantie de l'équipement ; elle peut être effectuée à la suite d'un dépannage ou immédiatement après constat d'une panne ou d'une défaillance (maintenance curative corrective).
- Le dépannage permet à un équipement ou une machine en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit faite (maintenance curative palliative). Elle s'applique aux équipements fonctionnant en

continu donc les impératives de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

Parfois, il arrive que le démarrage automatique du groupe électrogène ne soit pas nécessaire, en exemple, pendant les temps de repos d'une entreprise ou pendant la nuit pour les installations domestiques. D'un autre côté, il y a des zones où les coupures d'électricité sont très rares, d'où le groupe électrogène n'intervient pas mais pour des raisons de maintenance, il est préconisé de faire tourner le groupe électrogène au moins une fois par mois.

## **VI.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, outre la présentation détaillée des groupes électrogènes Cummins 400kVA, nous avons également abordé la solution de synchronisation automatique des deux groupes à l'aide d'un module synchronisation et de partage de la charge DSE8610 MKII. La solution adoptée est telle que les deux groupes fonctionnent en fonction de la charge ainsi ils ne fonctionneront pas en pleine puissance. Cependant, pour des raisons d'indisponibilité du matériel et de temps la réalisation du projet n'a pas pu être effective.

## **VII. CONCLUSION GENERALE**

Au terme de notre étude, il convient de rappeler que ce travail consistait à faire l'étude conceptuelle d'un système de synchronisation automatique de deux groupes électrogènes et à le réaliser.

En premier lieu, il était question de faire une revue de littérature sur les groupes électrogènes et leur synchronisation automatique. Cet objectif a été atteint grâce à la recherche bibliographique et aux informations reçues tout au long de notre stage. Il en ressort que la mise en parallèle des GE repose sur la concordance des phases, l'égalité des fréquences et des tensions et pour cela il est important de disposer d'un régulateur de vitesse et de tension sont nécessaire.

Dans un second temps, nous avons fait une proposition de synchronisation en utilisant un module de contrôle le DSE8610 MKII dont le temps de réponse est d'au moins 20ms. C'est un module qui intègre la synchronisation et le partage de charge. La solution de synchronisation automatique proposée est estimée à 11 977 000 F CFA tout taxe comprise y compris le prix des deux groupes.

Cette étude nous a permis de mettre en œuvre l'ensemble de nos acquis et compétences en sciences et techniques de l'ingénieur et le plus important de nous frotter au monde professionnel.

Enfin, la réalisation du projet de synchronisation n'a pas été fait faute d'équipements et manque de temps. Néanmoins, la solution conceptuelle permettra à l'entreprise de proposer à ses clients une solution de synchronisation automatique de groupe électrogène adaptée à leur besoin.

## VIII. BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. S. M. Kadri, « Etude des solutions de production et de gestion distribuée d'énergie dans un réseau électrique faiblement maillé. », Energie électrique, Normandie Université ; Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2023. Consulté le : oct. 15, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-03982092>
- [2] E. Arik, « Le marché des groupes électrogènes dans les Suds », Agence Française de Développement, CERI Sc Po Paris, Rapport de recherche, juin 2019. Consulté le : oct. 15, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://hal.science/hal-02064136>
- [3] T. Hazel, Cahier Technique n°196 : Génération électrique intégrée aux sites industriels et bâtiments commerciaux, Schneider Electric. Schneider Electric, 2000. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/3362/3362-ct196.pdf>
- [4] Google Map, « Itinéraire SAGIRELEC CI », Google Map, 2020.
- [5] « MTCI », Ministère du Tourisme de Côte d'Ivoire, oct. 04, 2017. <https://www.tourisme.gouv.ci/accueil/cotedivoirebref/105> (consulté le nov. 05, 2023).
- [6] MPD, « Résultats Globaux Définitifs du RGPH 2021 », Portail officiel du Gouvernement de Côte d'Ivoire, 2021. [https://www.gouv.ci/\\_actualite-article.php?recordID=13769](https://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=13769)
- [7] L. P. N. Mouko, « Etude de fonctionnement et élaboration d'un plan de maintenance préventive et curative du groupe électrogène : (BLACK-START GENERATOR) de la centrale thermique de DIBAMBA », Mémoire, Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2iE), Ouagadougou, 2013. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1888](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1888)
- [8] C. Aliane et A. Zerioul, « Etude d'un groupe électrogène par simulation numérique », Mémoire, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016. Consulté le : juill. 10, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://dspace.ummo.dz/handle/ummo/8645>
- [9] INERIS, « Systèmes d'alimentation de secours (Groupes Électrogènes et Alimentation Sans Interruption) », INERIS, Document de synthèse, oct. 2019. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ineris.fr/fr/document-synthese-relatif-barriere-technique-securite-bts-systemes-alimentation-secours-groupes>
- [10] Rakotomalala, « Dimensionnement d'une installation hybride solaire diesel pour alimenter une chambre froide dans la commune Antonibe », Mémoire, Université

- d'Antananarivo, 2017. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.biblio.univ-antananarivo.mg/theses2/rechercheAction.action?type=contenu&pattern=gestion%20des%20stocks&pageCourante=643>
- [11] Cummins, « Power Solutions : Solutions Complètes – Fiabes – Performantes », 2006. [https://laporte-mi.com/wp-content/uploads/Cumins-PowerGeneration\\_fr.pdf](https://laporte-mi.com/wp-content/uploads/Cumins-PowerGeneration_fr.pdf) (consulté le : août 04, 2023).
- [12] M. Lehziel et M. Bagaa, « La détection et la maintenance des capteurs dans le groupe électrogène Volvo », Mémoire, Université de Ghardaïa, 2021. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <http://dspace.univ-ghardaia.dz:8080/xmlui/handle/123456789/500>
- [13] A. A. Bouharaoua et R. Loucif, « Contribution à l'étude et à la conception d'une centrale hybride solaire photovoltaïque-diesel pour alimentation en énergie des sites isolés », Université Aboubakr Belkaïd, 2022. Consulté le : juill. 19, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/18735>
- [14] M. A. Taguida, « Organisation des équipements de la station des groupes électrogènes « BLACK START » pour des fins de maintenance préventives et corrective. », Mémoire, Université BADJI MOKHTAR ANNABA, 2013. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/05/Memoire-TAGUIDA-MIFM-2012-2013.pdf>
- [15] R. Tchuinte Tchuinte, « Maintenance d'un groupe électrogène cas du groupe de l'hôpital Saint PADRE PIO », Licence Professionnelle, Université de DSCHANG, Camérout, 2020. Consulté le : juill. 27, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://studylibfr.com/doc/10136850/rapport-de-stage-iuc-2020-maintenance-d>
- [16] D. Mathieu, « Diagnostic de groupes électrogènes diesel par analyse de la vitesse de rotation du vilebrequin », Traitement du signal et de l'image [eess.SP], Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2010. Consulté le : janv. 27, 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-00563111>
- [17] O. Hamzaoui, « Amélioration des performances des réseaux autonomes hybrides dans le nord du Québec », Mémoire, École de Technologie Supérieure Université du QUÉBEC, Montréal, 2020. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : [https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2519/1/HAMZAOUI\\_Oumaima.pdf](https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2519/1/HAMZAOUI_Oumaima.pdf)
- [18] Y. Benkadda et A. I. Mrabet, « Maintenance améliorative du groupe électrogène base sur banc de charge », Mémoire, Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES, 2021.
- [19] CRE Technology, « Etudes de cas ». 2014. Consulté le : juin 23, 2023. [En ligne].

- Disponible sur : <https://www.cretechnology.com/uploads/files/general/5357b5d4cff14-etudes-de-cas-2014.pdf>
- [20] A. W. F. A. Congo, « Avarie du stator de l’alternateur du groupe G2 de la centrale de production de Komsilga : Recherche des causes et proposition de solutions », Mémoire, Institut International d’Ingénierie de l’Eau de l’Environnement (2iE), Ouagadougou, 2016. Consulté le : juill. 25, 2023. [En ligne]. Disponible sur : [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=2474](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2474)
- [21] A. Diango, « Centrale thermique », Institut international d’ingénierie de l’eau et de l’environnement (2iE), 2022.
- [22] Cummins, « Diesel Generator set NT855 series engine », 2007. [https://cummins.cz/pdf/motory/C350\\_C440D5\\_NT.pdf](https://cummins.cz/pdf/motory/C350_C440D5_NT.pdf) (consulté le mai 15, 2023).
- [23] Leroy Somer, « Leroy Somer\_R448 & R448 V50 ». 2008. Consulté le : nov. 30, 2023. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.leroy-somer.com/documentation\\_pdf/notices\\_pdf/3972e\\_en.pdf](https://www.leroy-somer.com/documentation_pdf/notices_pdf/3972e_en.pdf)
- [24] AliExpress, « Avr Diesel Generator | Stabilizer Module | Voltage ». <https://fr.aliexpress.com/item/32653618752.html?gatewayAdapt=glo2fra>
- [25] SONNENBERG, « Serial Communications RS232, RS485, RS422 ». Raveon Technologies, 2018. Consulté le : oct. 23, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ti.com/lit/pdf/slla545>
- [26] AISIKAI, « ASKW1 Series Fixed Type Intelligent Universal Circuit Breaker », AiSIKAI Professional manufacture, 2023. <https://switchshops.com/ASKW1-Series-Fixed-Type-Intelligent-Universal-Circuit-Breaker-pd40436756.html> (consulté le nov. 09, 2023).
- [27] DSE, « Load Sharing & Synchronising Control Modules », Deep Sea Electronics, 2023. <https://www.deepseaelectronics.com/genset/load-sharing-synchronising-control-modules/dse8610-mkii> (consulté le sept. 25, 2023).
- [28] M. Djellout et B. Djaroum, « Conception et réalisation d’un système de démarrage automatique d’un groupe électrogène à base d’une carte Arduino », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2018. Consulté le : juill. 19, 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://theses-algerie.com/1796943964569811/memoire-de-master/universite-mouloud-mammeri-tizi-ouzou/conception-et-realisation-dun-systeme-de-demarrage-automatique-dun-groupe-electrogene-a-base-dune-carte-arduino>
- [29] Stamford, Alternateur P7 : Manuel d’utilisation, 7ème. Cummins, 2016. Consulté le : janv. 25, 2024. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.stamford-avk.com/sites/stamfordavk/files/2019-03/A041C241\\_P7\\_FR.pdf](https://www.stamford-avk.com/sites/stamfordavk/files/2019-03/A041C241_P7_FR.pdf)

## **IX. ANNEXES**

ANNEXE 1 : Groupe électrogène Cummins 400kVA.....	39
ANNEXE 2 : Contrôleur PCC2100 .....	42
ANNEXE 3 : Disjoncteur ASKW1-3200/4P .....	43
ANNEXE 4 : Fiche technique du contrôleur DSE8610 MKII.....	46
ANNEXE 5 : Porte fusible 2A et 4A .....	48
ANNEXE 6 : Relais thermique .....	49
ANNEXE 7 : Annotation et adressage des modules .....	50
ANNEXE 8 : Schéma électrique du système .....	51
ANNEXE 9 : Configuration des paramètres du module .....	53
ANNEXE 10 : Calendrier d'entretien d'un alternateur .....	59

# Diesel Generator set NT855 series engine



## > Specification sheet

320kVA - 440kVA 50Hz

320kW - 400kW 60Hz



**Our energy working for you.™**

## Description

This Cummins® Power Generation commercial generator set is a fully integrated power generation system, providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby, prime power, and continuous duty applications.



This generator set is available with CE certification.

2000/14/EC

All enclosed products are designed to meet or exceed EU noise legislation 2000/14/EC step 2006.

ISO8528

This generator set has been designed to comply with ISO8528 regulation.



This generator set is designed in facilities certified to ISO9001 and manufactured in facilities certified to ISO9001 or ISO9002.

## Features

**Cummins® Heavy-Duty Engine** - Rugged 4-cycle industrial diesel delivers reliable power, low emissions and fast response to load changes.

**Permanent Magnet Generator (PMG)** - Offers enhanced motor starting and fault clearing short circuit capability.

**Alternator** - Several alternator sizes offer selectable motor starting capability with low reactance 2/3 pitch windings; low waveform distortion with non-linear loads, fault clearing short-circuits capability, and class H insulation.

**Control System** - Standard PowerCommand® electronic control provides total system integration including remote start/stop, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry protection, output metering, auto-shutdown.

**Cooling System** - Standard integral set-mounted radiator system, designed and tested for rated ambient temperatures, simplifies facility design requirements for rejected heat.

**Enclosures** - Optional weather-protective and sound-attenuated enclosures are available.

**Warranty and Service** - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor network.

Model	Standby Rating		Prime Rating		Datasheet	
	50Hz kVA (kW)	60Hz kW (kVA)	50Hz kVA (kW)	60Hz kW (kVA)	50Hz	60Hz
<b>C350 D5</b>	350 (280)	N/A	320 (256)	N/A	DS25-CPGK	N/A
<b>C400 D5</b>	400 (320)	N/A	360 (288)	N/A	DS26-CPGK	N/A
<b>C440 D5</b>	440 (352)	N/A	400 (320)	N/A	DS27-CPGK	N/A
<b>C350 D6</b>	N/A	350 (438)	N/A	320 (400)	N/A	DS72-CPGK
<b>C400 D6</b>	N/A	400 (500)	N/A	365 (456)	N/A	DS73-CPGK

**Our energy working for you.™**

[www.cumminspower.com](http://www.cumminspower.com)

©2007 | Cummins Power Generation Inc. | All rights reserved | Specifications subject to change without notice | Cummins Power Generation and Cummins are registered trademarks of Cummins Inc. PowerCommand, AmpSentry, InPower and "Our energy working for you." are trademarks of Cummins Power Generation. Other company, product or service names may be trademarks or service marks of others. SS10-CPGK-RevA (9/07).



## Generator Set Specifications

Governor Regulation Class	ISO8528 G2
Voltage Regulation, No Load to Full Load	± 1%
Random Voltage Variation	± 1%
Frequency Regulation	Isochronous
Random Frequency Variation	± 0.25%
EMC Compatibility	BS EN 61000-6-4 / BS EN 61000-6-2

## Engine Specifications

Design	4 cycle, in-line, Turbo Charged
Bore	140 mm (5.5 in.)
Stroke	152 mm (6.0 in.)
Displacement	14.0 liter (855 in.3 )
Cylinder Block	Cast iron, 6 cylinder
Battery Capacity	100 A/hr
Battery Charging Alternator	55 amps
Starting Voltage	24 volt, negative ground
Fuel System	Direct injection
Fuel Filter	Spin on fuel filters with water separator
Air Cleaner Type	Dry replaceable element with restriction indicator
Lube Oil Filter Type(s)	Spin on full flow filter
Standard Cooling System	122°F (50°C) ambient radiator

## Alternator Specifications

Design	Brushless single bearing, revolving field
Stator	2/3 pitch
Rotor	Single bearing, flexible disc
Insulation System	Class H
Standard Temperature Rise	125 - 163°C Standby
Exciter Type	Self Excited
Phase Rotation	A (U), B (V), C (W)
Alternator Cooling	Direct drive centrifugal blower fan
AC Waveform Total Harmonic Distortion	No load < 1.5%. Non distorting balanced linear load < 5%
Telephone Influence Factor (TIF)	<50 per NEMA MG1-22.43
Telephone Harmonic Factor (THF)	<2%

## Available Voltages

50Hz Line - Neutral / Line - Line		60Hz Line - Neutral / Line - Line	
• 277/480	• 220/380	• 277/480	• 220/380
• 254/440	• 127/220	• 254/440	• 127/220
• 240/416	• 115/200	• 230/400	• 115/200
• 230/400	• 110/190	• 240/416	• 110/190

## Generator Set Options

### Engine

- Heavy Duty air filter
- Water jacket heater 220/240 v

### Cooling

- Antifreeze 50/50 (Ethylene glycol)

### Enclosure

- Sound attenuated canopy

### Alternator

- Alternator heater
- Exciter voltage regulator

### Control Panel

- PCC3100
- 4 pole Main Circuit Breaker

### Warranty

- 5 years for Standby application
- 2 years for Prime application

### Silencer

- 9 dB attenuation critical silencer
- 25 dB residential - delivered loose

\*Note: Some options may not be available on all models – consult factory for availability.

**Our energy working for you.™**

[www.cumminspower.com](http://www.cumminspower.com)

©2007 | Cummins Power Generation Inc. | All rights reserved | Specifications subject to change without notice | Cummins Power Generation and Cummins are registered trademarks of Cummins Inc. PowerCommand, AmpSentry, InPower and "Our energy working for you." are trademarks of Cummins Power Generation. Other company, product or service names may be trademarks or service marks of others. SS10-CPGK-RevA (9/07).



Données générales du moteur diesel Cummins CCEC **NT855-G** pour groupe électrogène

Modèle de moteur	Cummins CCEC <b>NT855-G</b>
Taper	4 temps, en ligne, 6 cylindres
Déplacement	14L
Alésage et course	140*152 millimètres
Poids à sec (ventilateur au moteur à volant)	1270 kg
Poids humide (ventilateur au moteur à volant)	1320 kg
Centre de gravité de la face arrière du carter de volant	704 millimètres
Centre de gravité au-dessus de l'axe du vilebrequin	140 millimètres
Aspiration	Turbocompressé
Système de carburant	Injection directe de pompe PT
Capacité du liquide de refroidissement - moteur uniquement	20,8 L
Capacité du carter d'huile-faible/élevée	28,4/36 L
Ralenti	575-650 tr/min
Vitesse maximale réglée à vide	1800 tr/min
Capacité de survitesse maximale	2700 tr/min
Puissance de perte par frottement/sortie nominale	22 kilowatts
Ratio de compression	15.0:1
Vitesse des pistons	7,62 m/sec
Ordre de tir	1-5-3-6-2-4
Sortie nominale/vitesse	205KW/275HP/1500RPM
Sortie/vitesse en veille	225KW/302HP/1500RPM
Couple/sortie nominale	1305N.m/1500RPM
Sortie couple/veille	1433N.m/1500RPM
Consommation de carburant/puissance nominale	49 L/heure
Consommation de carburant/sortie en veille	54 L/heure

## ANNEXE 2 : Contrôleur PCC2100

# PowerCommand®

### Une gamme et un concept innovant



PCC0300



PCC1301



PCC2100 Base Unit



PCC2100 avec l'option de mesure par bargraphe



PCC3100



PCC3201

	Principales caractéristiques	Modèle de coffret					
		PCC 0300	PCC 1301	PCC 2100	PCC 3100	PCC 3201	
Général	Régulateur de tension alternateur	x	●	●	●	●	
	Régulateur de vitesse du moteur	x	0	●	●	●	
	Contrôle pré-chauffage	●	●	●	x	x	
	Cycle de démarrage	●	●	●	●	●	
	Moteur à gestion électronique	x	0	0	x	●	
	Communication réseau (LonWorks)	x	x	0	0	0	
	Historique des défauts	x	●	●	●	●	
Interface opérateur	Commande Marche/Arrêt manuelle	●	●	●	●	●	
	Démarrage automatique à distance	●	●	●	●	●	
	Fonction "test"	x	x	x	x	●	
	LED "Mode Automatique"	x	●	x	x	x	
	LED "Mode Non Automatique"	x	●	●	●	●	
	LED "Mode Manuel"	x	●	●	x	●	
	LED "Synthèse Défauts"	x	●	●	x	●	
	LED "Synthèse Alarmes"	x	●	●	x	●	
	LED "Mode Test"	x	x	x	x	●	
	LED "Non Démarrage"	●	x	●	x	x	
	Bouton d'arrêt d'urgence (local et distant)	●	●	●	●	●	
	Ecran alpha numérique	x	●	●	●	●	
	LED "Ordre de démarrage à distance"	x	●	●	x	●	
Effacement défaut	●	●	●	●	●		
Mesures et instruments	Moteur	Pression d'huile	x	●	●	●	●
		Température d'huile	x	x	0	0	0
		Température d'eau	x	●	●	●	●
		Vitesse moteur	x	●	●	●	●
		Compteur horaire	●	●	●	●	●
		Nombre de démarrages	x	●	●	●	●
	Alternateur	Tension de batteries	x	●	●	●	●
		Température échappement	x	x	x	0	0
		Tension entre phases & entre phases et neutre	x	●	●	●	●
		Fréquence	x	●	●	●	●
défaut d'arrêt et signalisation	Moteur	Courant des trois phases	x	●	●	●	●
		Compteur d'énergie kWh	x	x	●	●	●
		Total kVA	x	●	●	●	●
	Alternateur	Total kW & kVA	x	x	●	x	●
		Facteur de puissance	x	x	●	●	●
		kVA & kW par phase	x	x	●	x	●
Moteur	Niveau bas fuel	x	0	0	●	●	
	Niveau haut fuel	x	x	0	x	x	
	Pression d'huile basse	●	●	●	●	●	
	Température d'eau élevée	●	●	●	●	●	
	Echec de tentative de démarrage	x	●	●	●	●	
	Non démarrage	●	●	●	●	●	
	Survitesse	●	●	●	●	●	
	Alternateur	Mini & maxi tension	x	●	●	●	●
		Mini & maxi fréquence	●*	●	●	●	●
		Maxi courant	x	●	●	●	●
Défaut terre		x	0	0	0	0	
Retour de puissance active (kW)		x	x	●	●	●	
Retour de puissance réactive (kVA)	x	x	●	x	●		

\* Mini fréquence seulement.

	Principales caractéristiques	Modèle de coffret				
		PCC 0300	PCC 1301	PCC 2100	PCC 3100	PCC 3201
Indication de seuil d'alarmes	Pression d'huile basse	x	●	●	●	●
	Manque préchauffage eau	x	●	●	●	●
	Température de refroidissement moteur élevée	x	●	●	●	●
	Niveau bas eau radiateur	x	x	●	●	●
	Mini tension batteries	x	●	●	●	●
	Maxi tension batteries	x	●	●	●	●
	Défaut alternateur de charge batteries	●	●	x	x	x
	Maxi courant	x	●	●	●	●
	Surcharge alternateur	x	●	x	●	x
Possibilités de couplage	Couplage automatique (Inverseur de source)	x	x	x	0	0
	Contrôle de répartitions de charge (kW & kVA)	x	x	x	0	0
	Couplage fuitif au réseau	x	x	x	0	0
	Couplage réseau permanent à charge constante	x	x	x	0	0
	Synchronoscope	x	x	x	0	0
	Ecrêtage	x	x	x	0	0
Fonction de transfert de charge	Transfert de charge	x	x	0	x	0
	Transfert à pleine charge	x	x	x	x	0
	Transfert de charge progressif (rampe de puissance)	x	x	x	x	0
	Transfert & puissance constante au réseau	x	x	x	x	0
	Contrôle de l'inverseur de source groupe/réseau	x	x	0	x	0
	Etat de l'inverseur de source groupe/réseau	x	x	0	x	0
Environnement	Plage de temp. de fonct. -40°C à +70°C	+50°C	●	●	●	●
	Plage de temp. de fonct. de l'interface HMI -20°C à +70°C	N/A	●	N/A	N/A	N/A
	Hygrométrie jusqu'à 95% (sans condensation)	90%	●	●	●	●
Règlementations et Normes	Conformité CE	●	●	●	●	●
	NFPA 110	x	x	●	●	●
	Agrée UL508	x	x	●	●	●
Configuration spécifique	Certification UL	●	●	●	●	●
	2 entrées numériques (défaut, alarme ou état)	x	●	N/A	N/A	N/A
	4 entrées numériques (défaut, alarme ou état)	x	x	●	●	●
	2 sorties relais	x	●	N/A	N/A	N/A
4 sorties relais	x	x	●	●	●	

● de base (ou de série)

x non disponible

0 optionnel

N/A non applicable

## ANNEXE 3 : Disjoncteur ASKW1-3200/4P



### TECHNICAL PARAMETER AND PERFORMANCE

**Form 1 Circuit breaker basic parameter**

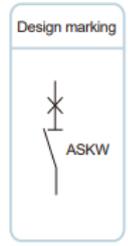
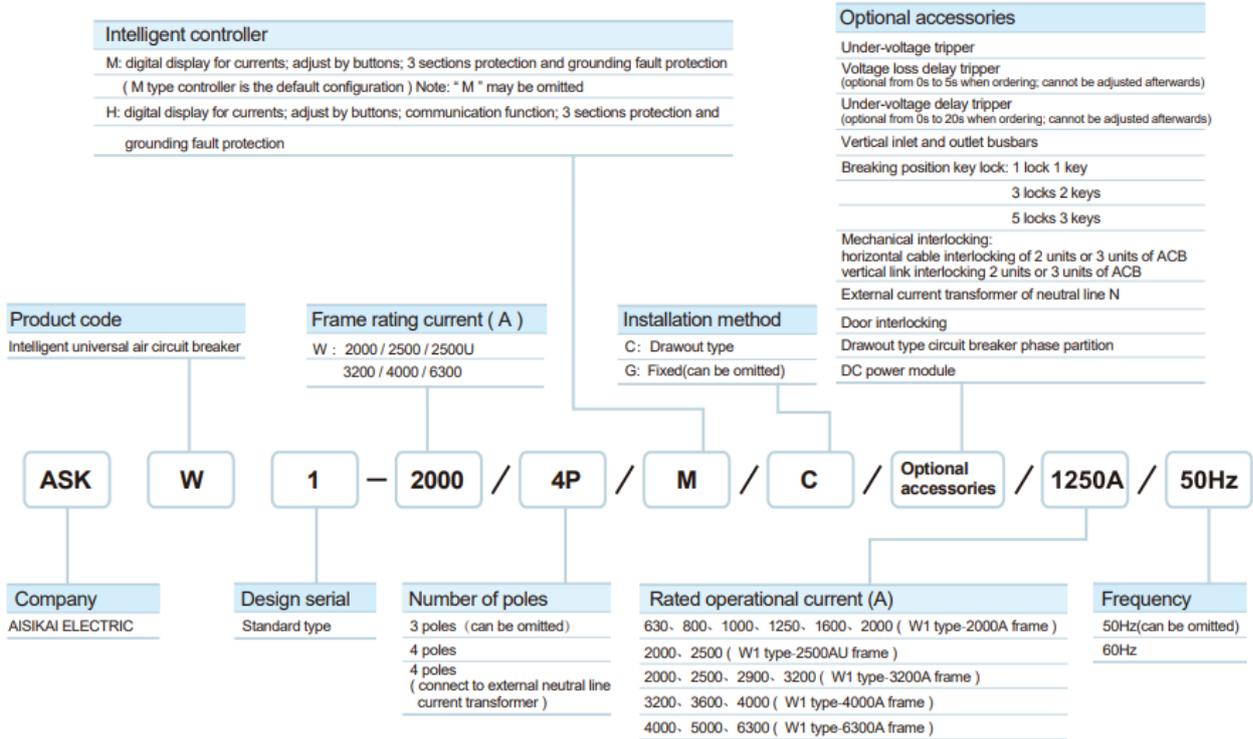
Model	Frame rating current Inm A	Rated current In A	Rated impulse withstand voltage Uimp kV	Rated Ue V	Rated limit short-circuit breaking capacity Icu kA o-co		Rated service short-circuit breaking capacity Ics kA o-co-co		Rated short-time withstand current Icw KA(1s) delay 0.4s o-co		Power loss (In) W		
					400V	660/690V	400V	660/690V	400V	660/690V	Fixed	Drawout	
ASKW1-2000	2000	630	12	AC 50Hz /60Hz 400V 690V	85	65	65	65	65	65	40	80	
		800									60	130	
		1000									90	205	
		1250									90	205	
		1600									140	310	
		2000									170	310	
ASKW1-2500	2500	2500			100	70	80	70	80	80	70	260	510
ASKW1-2500U	2500	2500			100	70	80	70	80	80	70	170	400
ASKW1-3200	3200	2000			170	400							
		2500			260	510							
		2900			320	650							
		3200			420	760							
ASKW1-4000	4000	3200	100	70	80	70	80	80	70	430	780		
		3600								440	790		
		4000								450	800		
		4000								1225			
ASKW1-6300	6300	5000	120	85	100	85	100	85	85	1250			
		6300								1625			

1. Arc distance is zero. 2. In this form, the breaking capacities of upper inlet and lower inlet are same.

**Form 2 The derating of circuit breaker at different temperature**

Ambient temperature		+40 °C	+45 °C	+50 °C	+55 °C	+60 °C	+65 °C
Applicable standards GB/T 14048.2 IEC/EN60947-2	ASKW1-2000	630	630	630	630	610	610
		800	800	800	800	800	800
		1000	1000	1000	1000	1000	1000
		1250	1250	1250	1200	1150	1150
		1600	1600	1500	1500	1300	1300
		2000	1900	1900	1800	1700	1650
	ASKW1-2500	2500	2400	2300	2200	2200	2200
	ASKW1-2500U	2500	2400	2300	2200	2200	2200
	ASKW1-3200	2000	2000	2000	2000	2000	2000
		2500	2400	2300	2200	2200	2200
	ASKW1-4000	3200	3000	3000	2800	2800	2600
		4000	3800	3600	3400	3200	3200
	ASKW1-6300	4000	4000	4000	4000	4000	4000
		5000	5000	5000	4800	4800	4800
		6300	6000	5600	5400	5200	5100

# ASKW1 SERIES INTELLIGENT UNIVERSAL AIR CIRCUIT BREAKER SELECTION TABLE



**Model definition 1:**

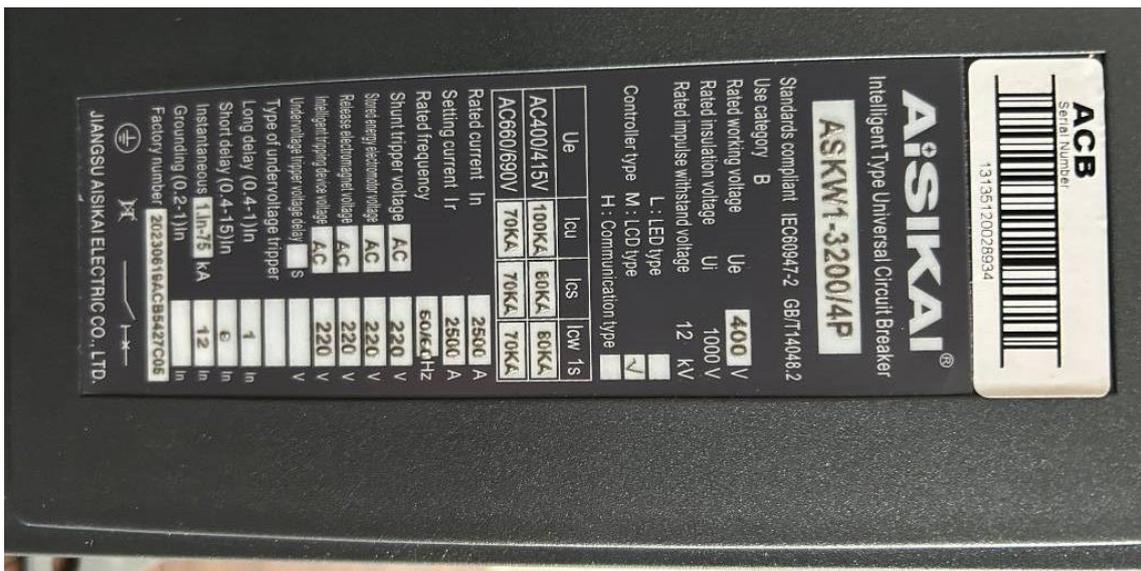
ASKW1-2000 / 3P / G / 1250A

- Standard universal air circuit breaker;
- 2000A frame, 3 poles, fixed type;
- M type LCD controller, no accessories (implicit);
- Rated current 1250A

**Model definition 2:**

ASKW1-2500U / 4P / H / C / 2000A

- Standard universal air circuit breaker;
- 2500A frame, residential power distribution special type, 4 poles, drawout type
- H type liquid crystal controller (implicit), no accessories (implicit)
- Rated current 2000A





## ANNEXE 4 : Fiche technique du contrôleur DSE8610 MKII



# DSE8610 MKII

## SYNCHRONISING AUTO START LOAD SHARE CONTROL MODULE



### KEY FEATURES

- Comprehensive synchronising & loadsharing capabilities
- Built in governor and AVR control
- Base load (kW export) control
- Positive & negative kWAr export control
- Mains (Utility) decoupling protection
- 4-Line back-lit LCD text display
- Multiple Display Languages
- Five key menu navigation
- LCD alarm indication
- Heated display option available
- Customisable power-up text and images
- DSENet expansion compatibility
- Data logging & trending facility
- Internal PLC editor
- Protections disable feature
- Fully configurable via PC using USB, RS232, RS485 & Ethernet communication
- Front panel configuration with PIN protection
- Power save mode
- 3 phase generator sensing and protection
- Generator current and power monitoring (kW, kvar, kVA, pf)
- kW and kvar overload alarms
- Reverse power alarms
- Over current protection
- Unbalanced load protection
- Independent earth fault protection
- Breaker control via fascia buttons
- Fuel and start outputs configurable when using CAN
- 8 configurable DC outputs
- 2 configurable volt-free relay outputs

- 4 configurable analogue/digital inputs
- Built in sensors to support 0 V to 10 V & 4 mA to 20 mA
- 12 configurable digital inputs
- Configurable 5 stage dummy load and load shedding outputs
- CAN, MPU and alternator frequency speed sensing in one variant
- Real time clock
- Manual and automatic fuel pump control
- Engine run-time scheduler
- Fuel usage monitor and low fuel level alarms
- Simultaneous use of all communication ports
- Remote SCADA monitoring via various DSE software applications
- MODBUS RTU & TCP support with configurable MODBUS pages for integration into building management systems (BMS)
- Advanced SMS messaging (additional external modem required)
- Start & stop capability via SMS messaging
- 3 configurable maintenance alarms
- Compatible with a wide range of CAN engines, including tier 4 engine support
- Uses DSE Configuration Suite PC Software for simplified configuration
- Power modes for when in parallel with the mains
- Redundant MSC communication wired to CAN ports
- True manual breaker control when in CAN mode
- Water in fuel digital input

### EXPANSION DEVICES

- DSE124 CAN/MSX Extender
- DSE2130 Input Expansion Module
- DSE2131 Ratio-metric Input Expansion Module
- DSE2133 RTD & Thermo-couple Expansion Module
- DSE2152 Ratio-metric Output Expansion Module
- DSE2157 Output Expansion Module
- DSE2548 LED Expansion

### KEY BENEFITS

- Fuel tank bund alarm digital input
- Separate ramp up and ramp down rates configurable via PLC
- Configurable CAN message time-outs
- In-built SNMP
- Configurable CAN transmit & receive
- Battery chargers on DSENet®
- Compatible in load share systems containing DSE5500, DSE7500, DSE8000 and DSE8800 MKII series. Contact DSE for further details
- 132 x 64 pixel ratio display for clarity
- Real-time clock provides accurate event logging
- Ethernet communication, provides built in advanced remote monitoring.
- Can be integrated into building management systems (BMS) and programmable logic control (PLC)
- Increased input and output expansion capability via DSENet®
- Licence-free PC software
- IP65 rating (with supplied gasket) offers increased resistance to water ingress
- Advanced Internal PLC editor allows user configurable functions to meet specific application requirements.

### SPECIFICATIONS

**DC SUPPLY**  
**CONTINUOUS VOLTAGE RATING**  
5 V to 35 V Continuous

**CRANKING DROPOUTS**  
Able to survive 0 V for 100 ms, providing supply was at least 10 V before dropout and supply recovers to 5 V. This is achieved without the need for internal batteries. LEDs and backlight will not be maintained during cranking.

**MAXIMUM OPERATING CURRENT**  
530 mA at 12 V, 280 mA at 24 V

**MAXIMUM STANDBY CURRENT**  
320 mA at 12 V, 160 mA at 24 V

**CHARGE FAIL/EXCITATION RANGE**  
0 V to 35 V

**GENERATOR & BUS VOLTAGE RANGE**  
15 V to 415 V AC (Ph to N)  
26 V to 719 V AC (Ph to Ph)

**FREQUENCY RANGE**  
3.5 Hz to 75 Hz

**MAGNETIC PICKUP VOLTAGE RANGE**  
+/- 0.5 V to 70 V

**FREQUENCY RANGE**  
10,000 Hz (max)

**INPUTS**  
**DIGITAL INPUTS A TO L**  
Negative switching

**ANALOGUE INPUTS A TO D**  
Configurable as:  
Negative switching digital input  
0 V to 10 V sensor  
4 mA to 20 mA sensor  
0 Ω to 480 Ω sensor

**OUTPUTS**  
**OUTPUT A & B (FUEL & START)**  
15 A DC at supply voltage

**OUTPUTS C & D**  
8 A AC at 250 V AC (Volt-free)

**AUXILIARY OUTPUTS E TO L**  
2 A DC at supply voltage

**BUILT IN AVR GOVERNOR CONTROL**  
**MINIMUM LOAD IMPEDANCE**  
500 Ω  
Fully isolated

**GAIN VOLTAGE**  
0 V to 10 V DC  
Fully isolated

**OFFSET VOLTAGE**  
0 V to 10 V DC  
Fully isolated

**DIMENSIONS**  
**OVERALL**  
245 mm x 184 mm x 51 mm  
9.6" x 7.2" x 2.0"

**PANEL CUT-OUT**  
220 mm x 180 mm  
8.7" x 6.3"

**MAXIMUM PANEL THICKNESS**  
8 mm  
0.3"

**STORAGE TEMPERATURE RANGE**  
-40 °C to +85 °C  
-40 °F to +185 °F

**OPERATING TEMPERATURE RANGE**  
-30 °C to +70 °C  
-40 °F to +185 °F

**HEATED DISPLAY VARIANT**  
-40 °C to +70 °C  
-40 °F to +158 °F

### RELATED MATERIALS

#### TITLE

DSE8610 MKII Installation Instructions  
DSE8610 MKII Operator Manual  
DSE8610 MKII PC Configuration Suite Manual  
DSE8610 MKII Data Sheet  
DSE8610 Data Sheet

#### PART NO.

053-182  
057-254  
057-238  
055-204  
055-083

#### DEEP SEA ELECTRONICS PLC UK

Highfield House, Hunmanby Industrial Estate, Hunmanby YO14 0PH  
**TELEPHONE** +44 (0) 1723 890099 **FACSIMILE** +44 (0) 1723 893303  
**EMAIL** sales@deepseapl.com **WEBSITE** www.deepseapl.com

#### DEEP SEA ELECTRONICS INC USA

3230 Williams Avenue, Rockford, IL 61101-2668 USA  
**TELEPHONE** +1 (815) 316 8706 **FACSIMILE** +1 (815) 316 8708  
**EMAIL** sales@deepseausa.com **WEBSITE** www.deepseausa.com

Deep Sea Electronics Plc maintains a policy of continuous development and reserves the right to change the details shown on this data sheet without prior notice. The contents are intended for guidance only.

Registered in England & Wales No.01319649  
VAT No.316929457

055-204/11/17 (2)

# DSE8610 MKII

## SYNCHRONISING AUTO START LOAD SHARE CONTROL MODULE

The DSE8610 MKII is an easy to use Synchronising Auto Start Control Module suitable for use in a multi-generator loadshare system, designed to synchronise up to 32 generators including electronic and non-electronic engines.

The DSE8610 MKII monitors the generator and indicates operational status and fault conditions, automatically starting or stopping the engine on load demand or fault condition.

System alarms are annunciated on the LCD screen (multiple language options available), illuminated LED and audible sounder.

The event log will record 250 events to facilitate easy maintenance, and an extensive number of fixed and flexible monitoring, metering and protection features are included.

Designed to offer increased built in support for active sensors for 0 V to 10 V & 4 mA to 20 mA. Comprehensive communication and system expansion options are available.

Using the DSE PC Configuration Suite Software allows easy alteration of the operational sequences, timers and alarms. With all communication ports capable of being active at the same time, the DSE8610 MKII is ideal for a wide variety of demanding load share applications.

### KEY LOAD SHARE FEATURES:

- Peak lopping/sharing (with appropriate DSE mains controller)
- Sequential set start
- Manual voltage/frequency adjustment
- R.O.C.O.F. and vector shift protection
- Generator load demand
- Automatic hours run balancing
- Mains (Utility) decoupling
- Mains (Utility) decoupling test mode
- Dead bus sensing
- Bus failure detection
- Direct governor and AVR control
- Volts and frequency matching
- kW and kvar load sharing
- Dead bus synchronising

### ENVIRONMENTAL TESTING STANDARDS

**ELECTRO MAGNETIC COMPATIBILITY**  
BS EN 61000-6-2  
EMC Generic Immunity Standard for the Industrial Environment  
BS EN 61000-6-4  
EMC Generic Emission Standard for the Industrial Environment

**ELECTRICAL SAFETY**  
BS EN 60950  
Safety of Information Technology Equipment, including Electrical Business Equipment

**TEMPERATURE**  
BS EN 60068-2-1  
Ab/Ac Cold Test -30 °C  
BS EN 60068-2-2  
Bb/Be Dry Heat +70 °C

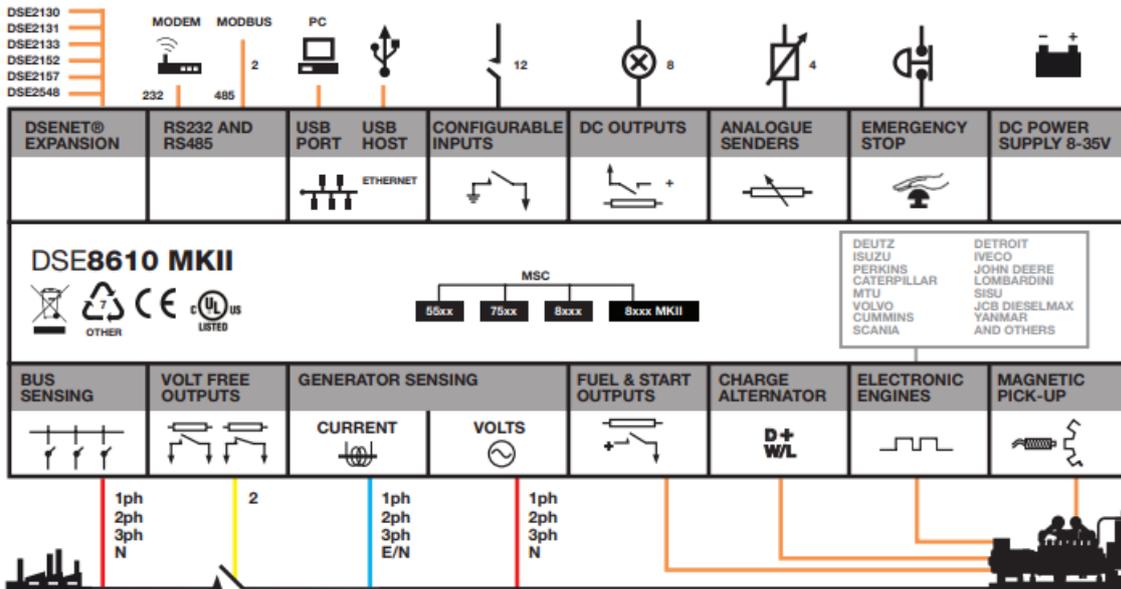
**VIBRATION**  
BS EN 60068-2-6  
Ten sweeps in each of three major axes  
5 Hz to 8 Hz at +/-7.5 mm, 8 Hz to 500 Hz at 2 gn

**HUMIDITY**  
BS EN 60068-2-30  
Dc Damp Heat Cyclic 20/95 °C at 95% RH  
48 Hours  
BS EN 60068-2-78  
Cab Damp Heat Static 40 °C at 93% RH  
48 Hours

**SHOCK**  
BS EN 60068-2-27  
Three shocks in each of three major axes  
15 gn in 11 ms

**DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES**  
BS EN 60529  
IP65 - Front of module when installed into the control panel with the supplied sealing gasket.

## COMPREHENSIVE FEATURE LIST TO SUIT A WIDE VARIETY OF LOAD SHARE APPLICATIONS



## ANNEXE 5 : Porte fusible 2A et 4A

# Fiche technique du produit

Spécifications



## Acti9 STI - sectionneur fusible à tiroir - 1P+N - 25A - pour fusible 10.3x38mm

A9N15646

Statut commercial : Commercialisé

### Principales

Gamme	Acti9
Nom du produit	Acti9 STI
Type de produit ou équipement	Sectionneur fusible
Nom de l'appareil	STI
Description des pôles	1P + N

### Complémentaires

[In] courant assigné d'emploi	2 A 4 A 6 A 10 A 16 A 20 A 25 A
Type de fusible	AM GG
Taille du fusible	10,3 x 38 mm
[Ue] tension assignée d'emploi	500 V CA
[U] tension assignée d'isolement	500 V CA 50/60 Hz
Mode d'installation	Encliquetable
Support de montage	Rail DIN
Pas de 9 mm	2
Hauteur	81 mm
Largeur	18 mm
Profondeur	75 mm
Couleur	Blanc
Mode de raccordement	Bomiers à vis-étrier1 câble(s) 0,75...10 mm <sup>2</sup> rigide Bomiers à vis-étrier1 câble(s) 0,5...6 mm <sup>2</sup> souple Bomiers à vis-étrier2 câble(s) 0,75...4 mm <sup>2</sup> rigide Bomiers à vis-étrier2 câble(s) 0,5...6 mm <sup>2</sup> souple
Longueur de dénudage des fils	12 mm
Couple de serrage	2 N.m

### Environnement

Normes	CEI 60269-1/2
--------	---------------

## ANNEXE 6 : Relais thermique



### Harmony Relay RXM - relais miniature - embrochable - test - 4OF - 12A - 24VDC

RXM4AB1BD

Statut commercial : Commercialisé

#### Principales

Gamme de produit	Relais électromécanique Harmony
Nom de gamme	Miniature
Type de produit ou équipement	Relais enfichable
Nom de l'appareil	RXM
Description des contacts	4 F/O
[Uc] tension circuit de commande	24 V CC
Etat LED	Sans
Type de commande	Bouton de test verrouillable
Coefficient d'utilisation	20 %

#### Complémentaires

Forme des broches	Plat
[Ui] tension assignée d'isolement	250 V se conformer à CEI 300 V se conformer à CSA 300 V se conformer à UL
[Uimp] tension assignée de tenue aux chocs	2,5 kV pendant 1,2/50 µs
Matière des contacts	AgNi
[Ie] courant assigné d'emploi	3 A à 28 V (DC) "O" se conformer à CEI 3 A à 250 V (AC) "O" se conformer à CEI 6 A à 28 V (DC) "F" se conformer à CEI 6 A à 250 V (AC) "F" se conformer à CEI 6 A à 277 V (AC) se conformer à UL 8 A à 30 V (DC) se conformer à UL
Courant de sortie permanent	5 A
Tension de coupure maximale	250 V se conformer à CEI
Charge nominale résistive	6 A à 250 V CA 6 A à 28 V CC
Pouvoir de commutation maximum	1 500 VA/168 W
Capacité de commutation minimum	170 mW à 10 mA, 17 V
Vitesse de commande	<= 1200 cycles/heure sous-charge <= 18000 cycles/heure sans charge
Endurance mécanique	10000000 cycle

## ANNEXE 7 : Annotation et adressage des modules

**Tableau 5 : Notation de chaque composant du système**

Désignation	Notation
Module de synchronisation DS8610 MII	DS8610 MKII G1/ DS8610 MKII G2
Disjoncteur motorisé 630A 3Poles	DMG1/DMG2
Transformateur de courant 600/5	1CT1-1CT2-1CT3 / 2CT1-2CT2-2CT3
Porte fusible 2A	F1-F2-F3-F4-F5-F6-F7-F8-F9-F10-F11-F12-F13-F14-F15-F16-F17
Porte fusible 4A	F18-F19
Relais 24VDC	ComApG1, G1CLOSE, G1OPEN, STARTG1, G1DEF, ComApG2, G2CLOSE, G2OPEN, STARTG2, G2DEF, MCBG1, MCBG2, RV0, Shed1
Commutateur 3 positions	AUTO-0-MANU
Commutateur 2 positions	PRIOG1, PRIOG2
Bouton arrêt d'urgence	EMG
Bouton poussoir réinitialisation	RESERT
Lampe LED rouge 24V	EMG LED, G1DEF LED, G2DEF LED
Sélecteur batterie 24V	BATTERY SELECTOR
Armoire électrique	Armoire

**Tableau 6 : Adressage de chaque module**

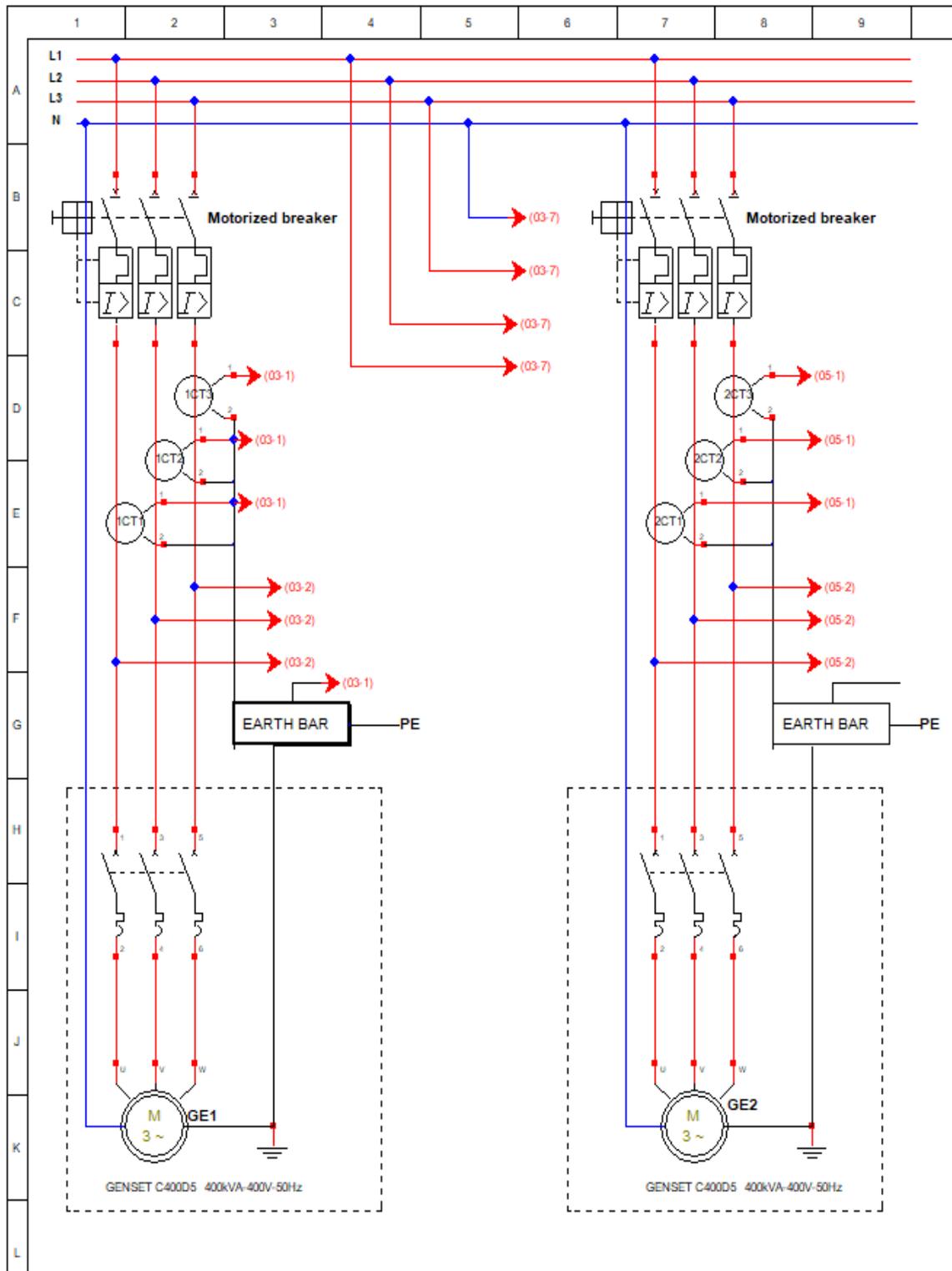
ENTREES			
Désignation	Etat	Adresse	Fonctions
EMG	NF	62D	Demande arrêt d'urgence de l'ensemble du système
MCBG1	NO	63E	Demande
G1DEF	NO	64F	Signale un défaut sur le GE 1
PRIOG1	NO	65G	Donne la priorité au GE 1
RESET	NO	66H	Réinitialise tout le système en cas de besoin
RV0	NO	67I	Demande le démarrage du GE
RFIRE	NO	68J	Signale l'absence du réseau public

SORTIES			
Désignation	Etat	Adresse	Fonctions
FUEL	NO	4A	Approvisionnement du moteur en carburant
STARTG1	NO	5B	Mise en marche du moteur
EMG	NF	3	Mise en arrêt du système
DES DEFG1	NO	7E	Signale un défaut sur le GE 1
G1 CLOSE	NO	8F	Connecte le GE 1 au jeu de barre alimentant la charge
G1 OPEN	NO	9G	Déconnecte le GE 1 au jeu de barre alimentant la charge
AUTO-0-MANU	NO	10H	Fonction automatique du système
GOV	-	35B, 36A	Régule la vitesse du moteur
AVR	-	38B, 39A	Régule la tension de la génératrice

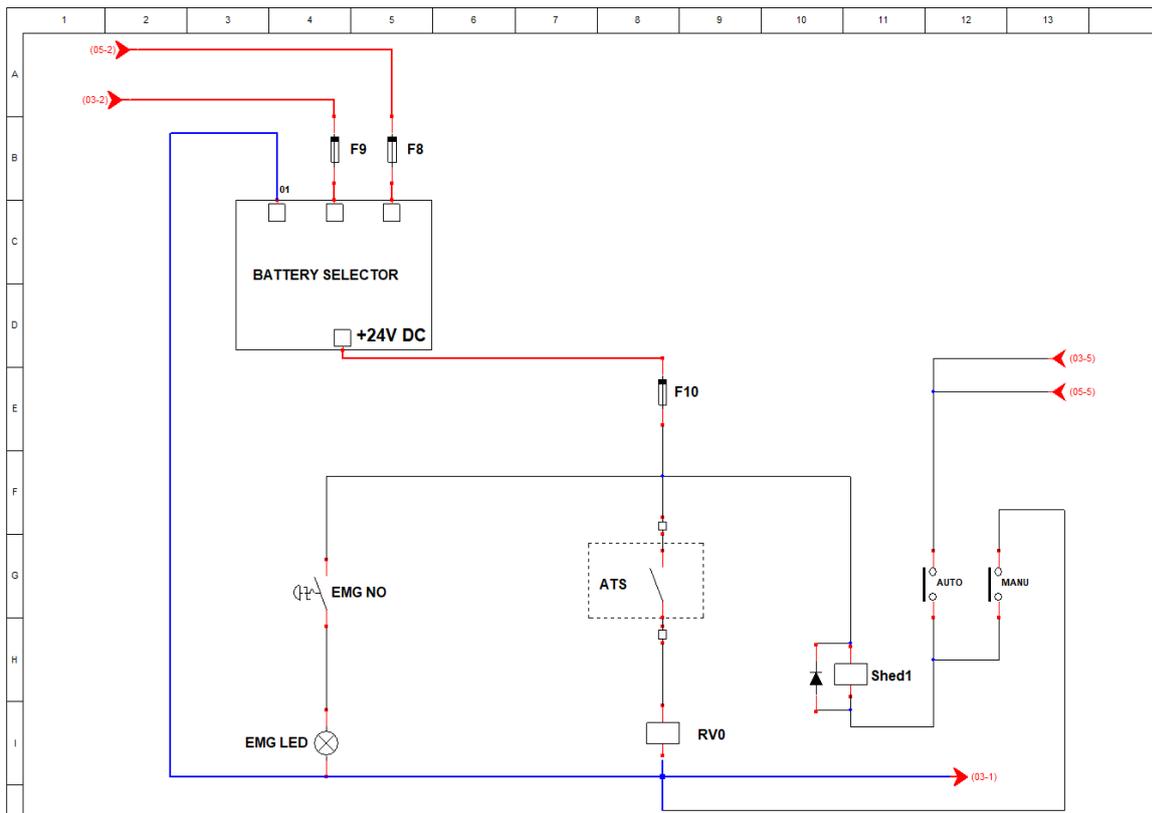
Il faut noter que ces adresses sont valables autant pour le module DS8610 MKII G1 que pour DS8610 MKII G2.

## ANNEXE 8 : Schéma électrique du système

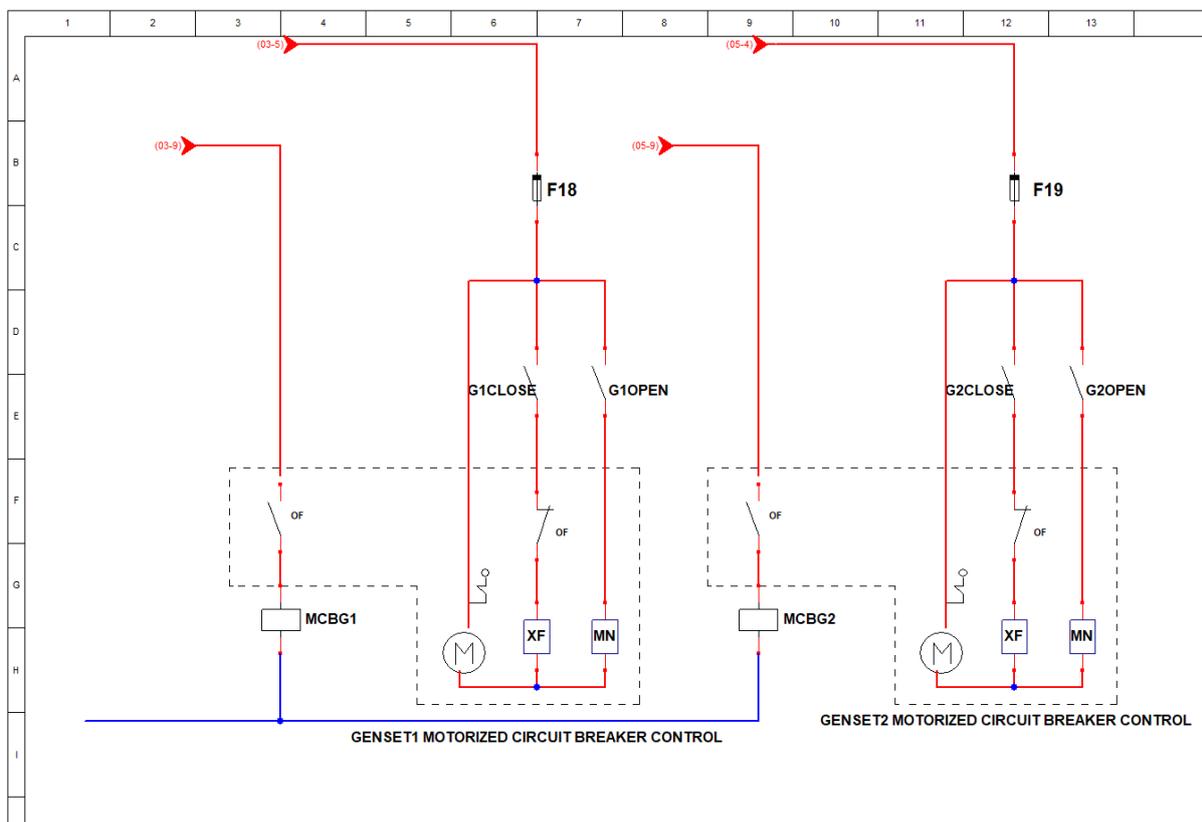
- Schéma de puissance des groupes électrogènes



- Alimentation des modules

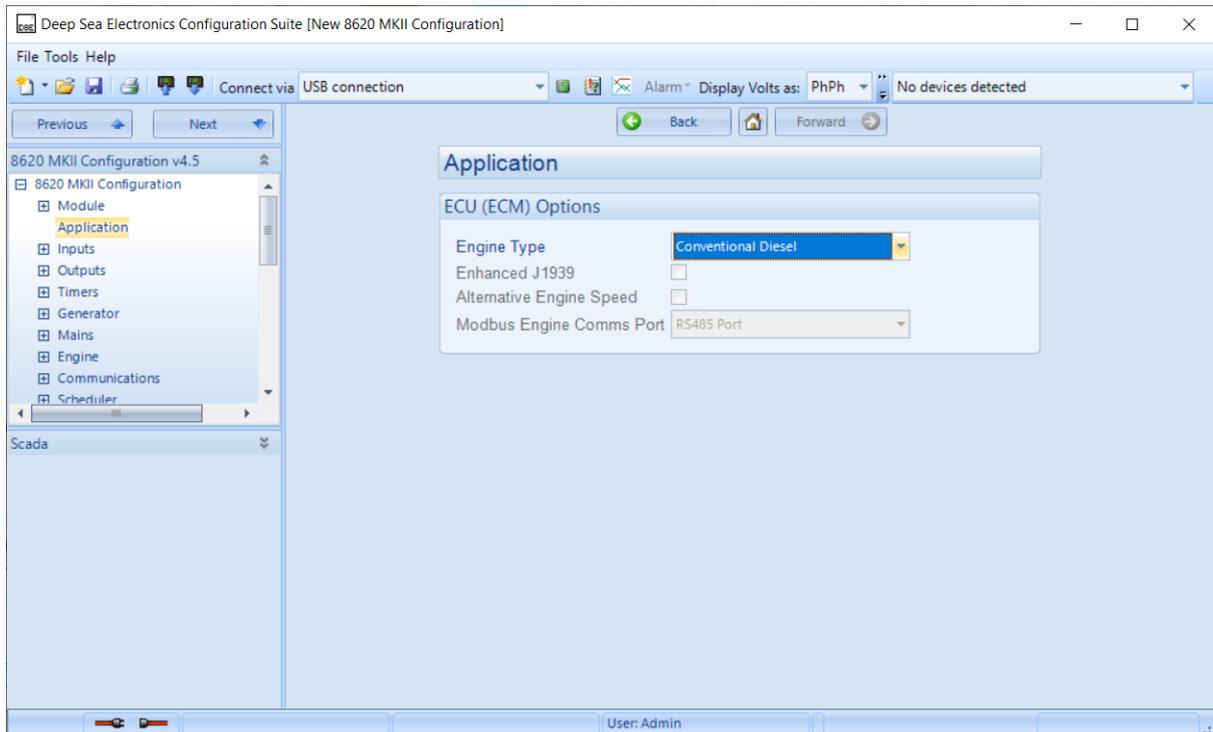


- Commande des disjoncteurs

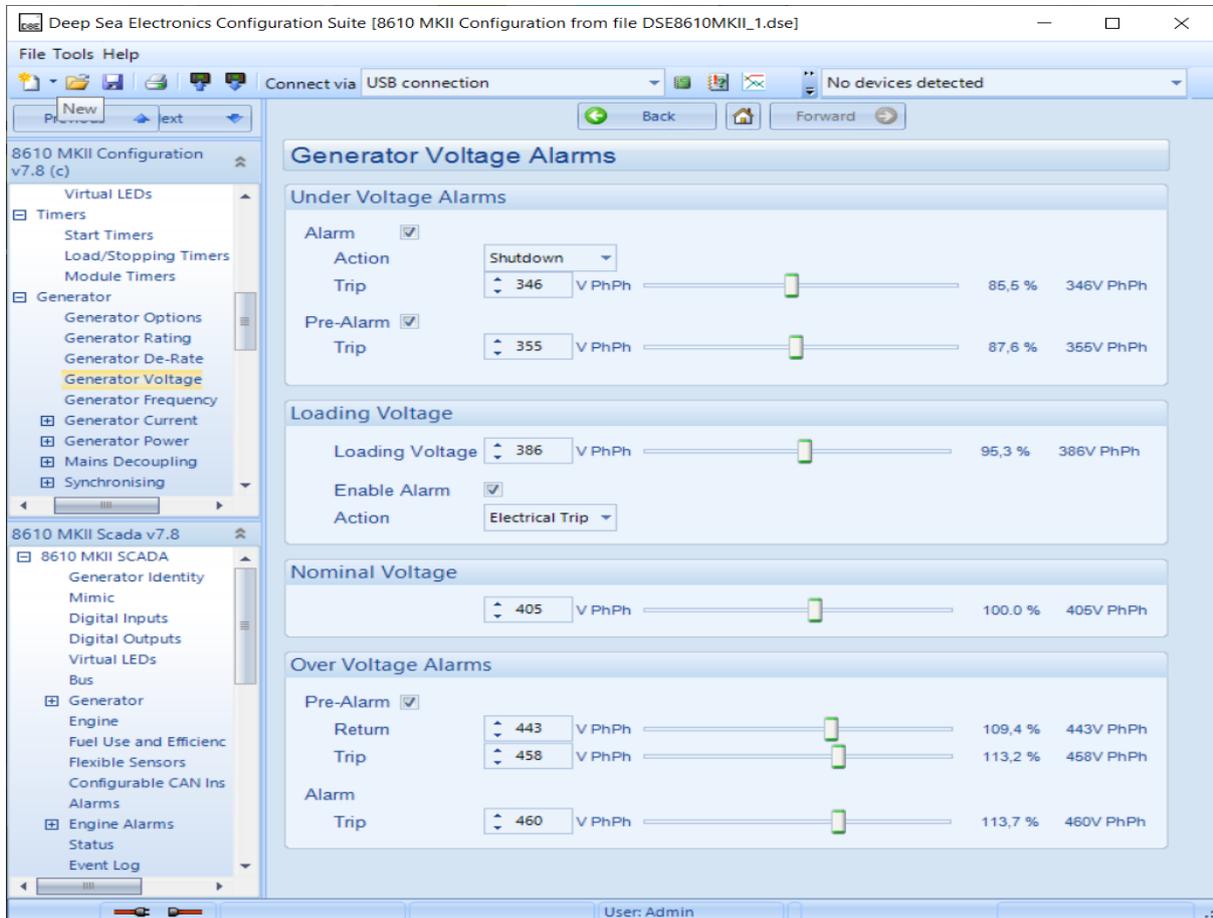


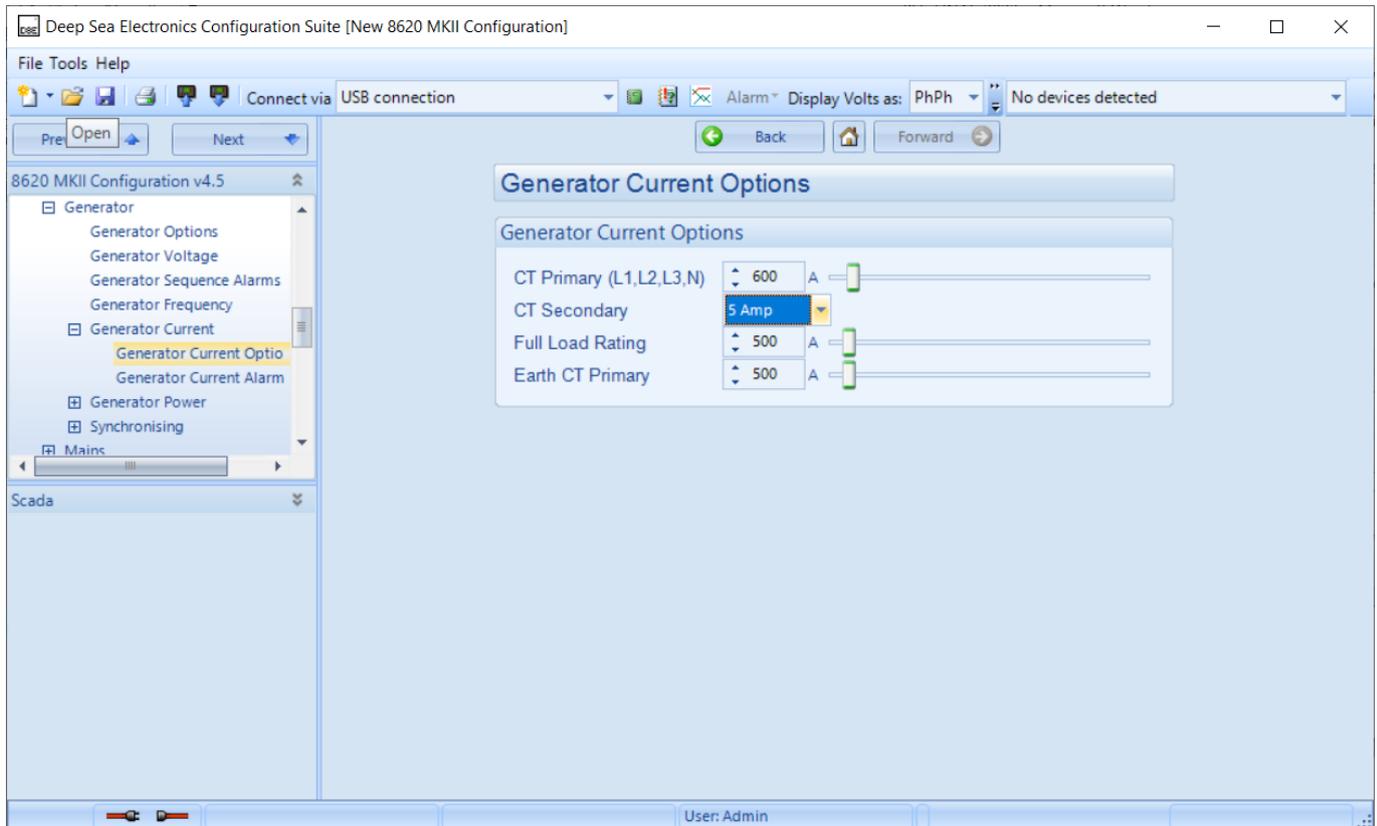
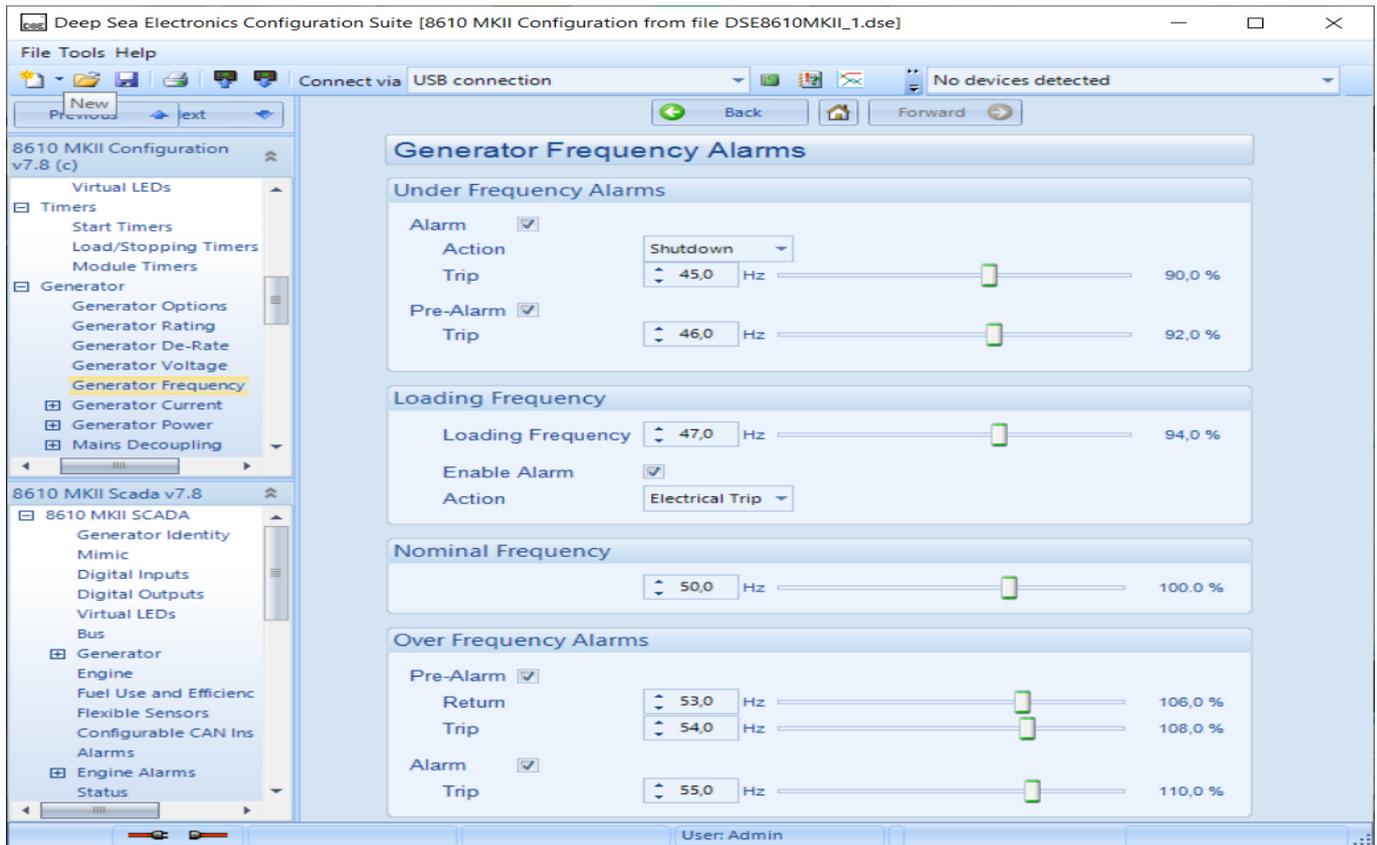
## ANNEXE 9 : Configuration des paramètres du module

- **Moteur**



- **Alternateur**





Deep Sea Electronics Configuration Suite [New 8620 MKII Configuration]

File Tools Help

Connect via USB connection Alarm Display Volts as: PhPh No devices detected

Previous Next

8620 MKII Configuration v4.5

- Generator Current Optio
- Generator Current Alarm
- Generator Power
  - Generator Rating**
  - Overload Protection
  - Load Control
  - Reverse Power
  - Low Load
- Synchronising
- Mains
- Engine

Scada

### Generator Rating

Generator Rating

kW Rating 320 kW 400kVA

-kVAr Rating 0 kVAr -1,00pf

kVAr Rating 240 kVAr 0,80pf

-kVAr, Leading P.F, Capacitive, Under Excited +kVAr, Lagging P.F, Inductive, Over Excited

User: Admin

Deep Sea Electronics Configuration Suite [New 8620 MKII Configuration]

File Tools Help

Connect via USB connection Alarm Display Volts as: PhPh No devices detected

Previous Next

8620 MKII Configuration v4.5

- Generator Rating
- Overload Protection
- Load Control
- Reverse Power
- Low Load
- Synchronising
  - Sync Options**
  - Check Sync
  - Load Control
  - AVR
  - Power Control

Scada

### Sync Options

Options

- Enable Synchronising
- Persistent Governor Output
- Persistent AVR Output

Governor

Interface Internal Analogue

Output Reversed

Action Adjust To Nominal Frequency

AVR

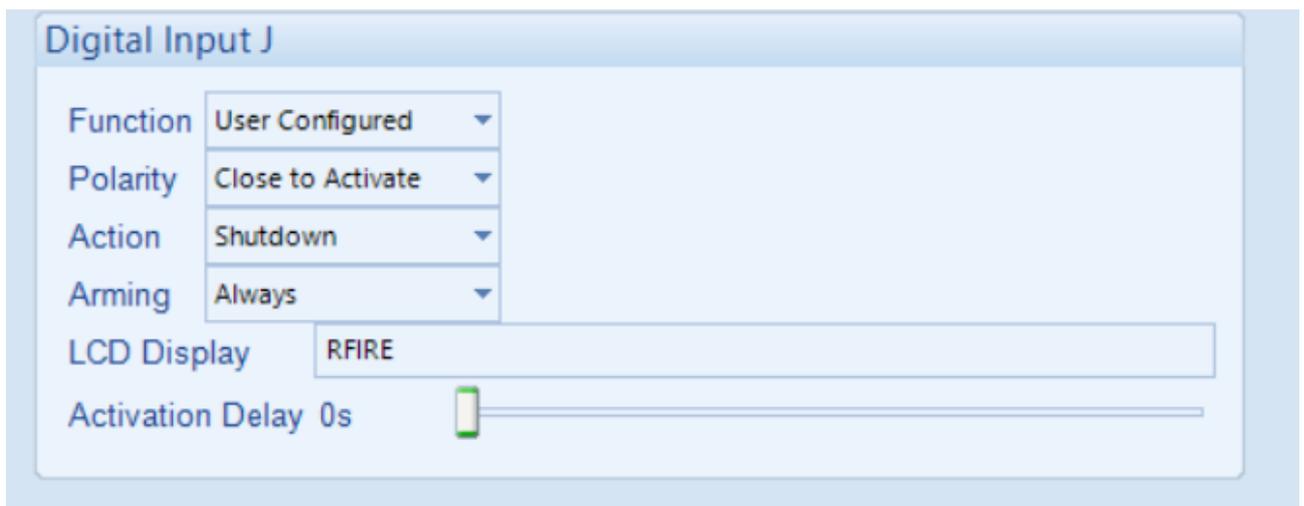
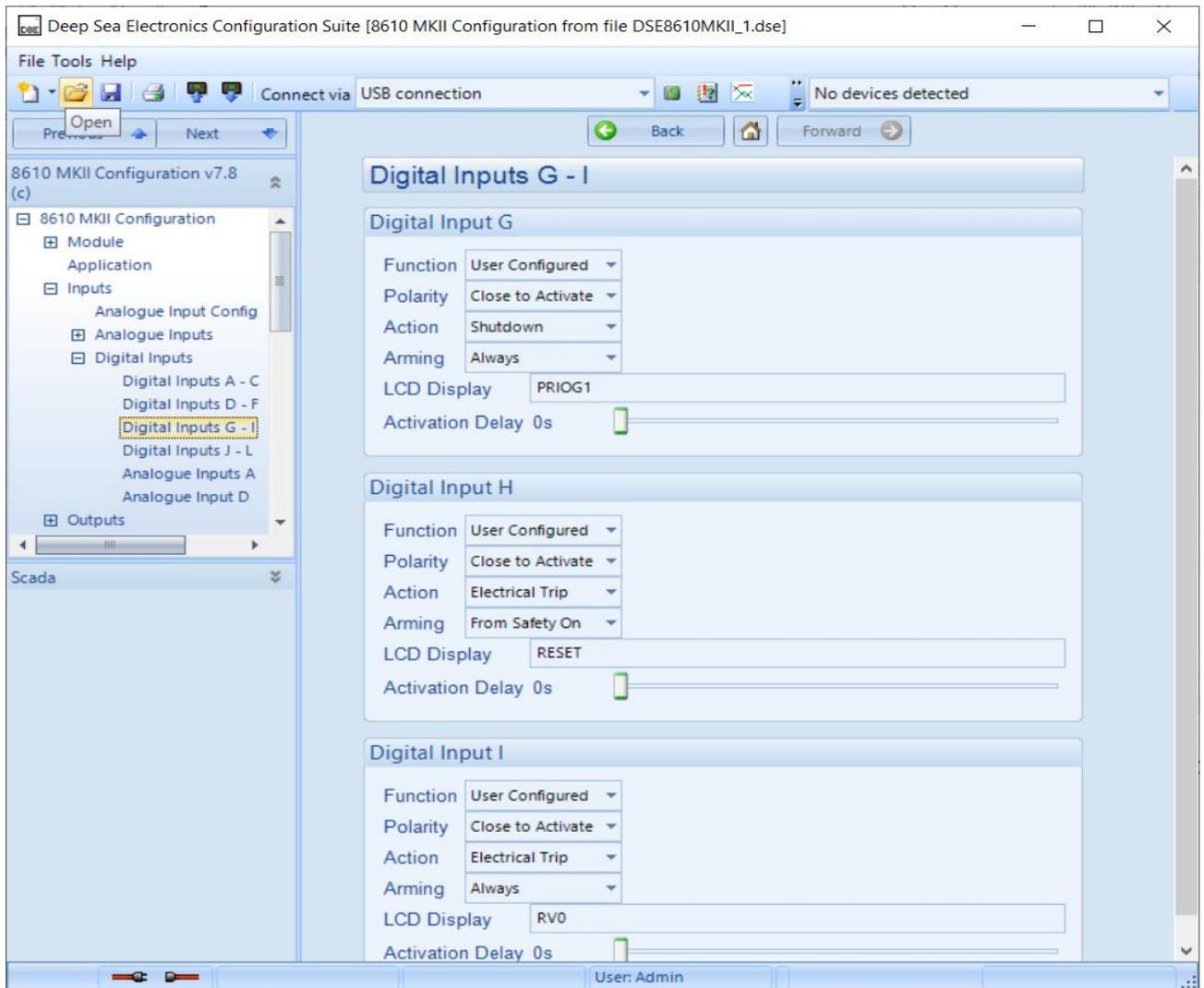
Output Internal Analogue

Output Reversed

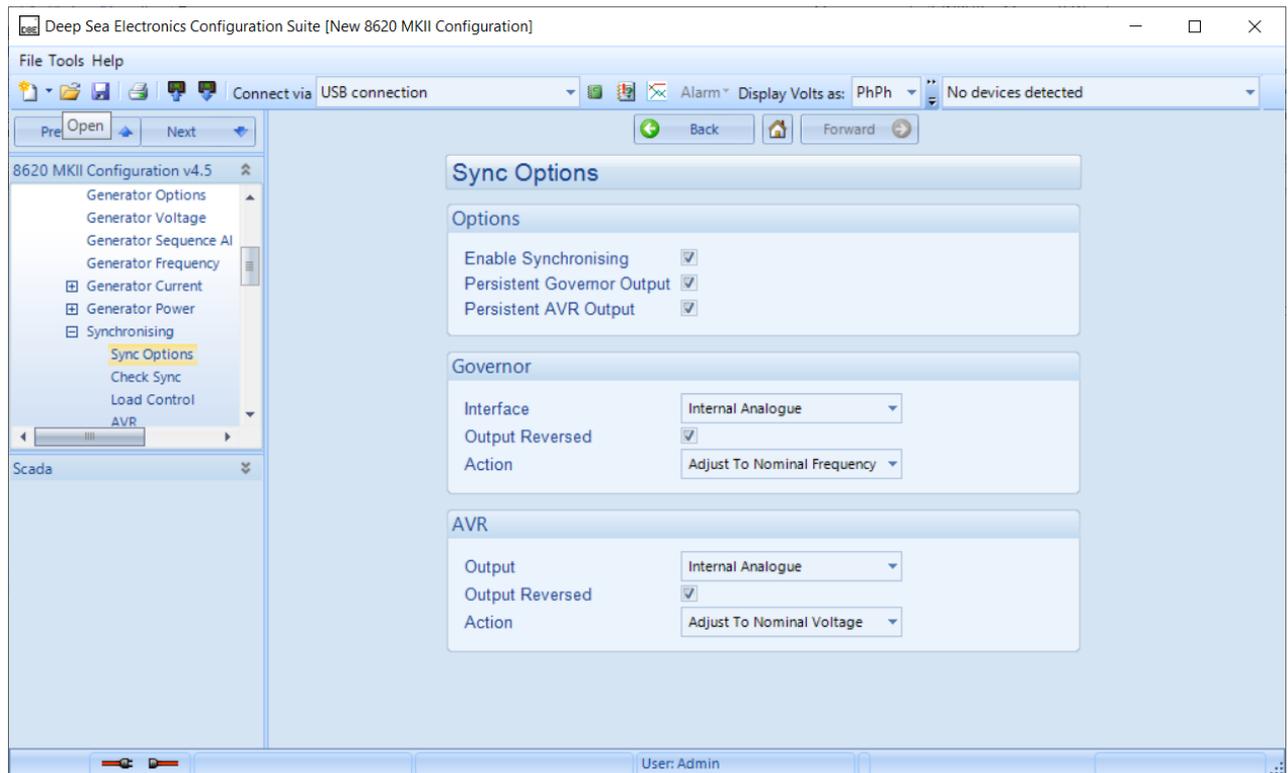
Action Adjust To Nominal Voltage

User: Admin

- Entrées/Sorties

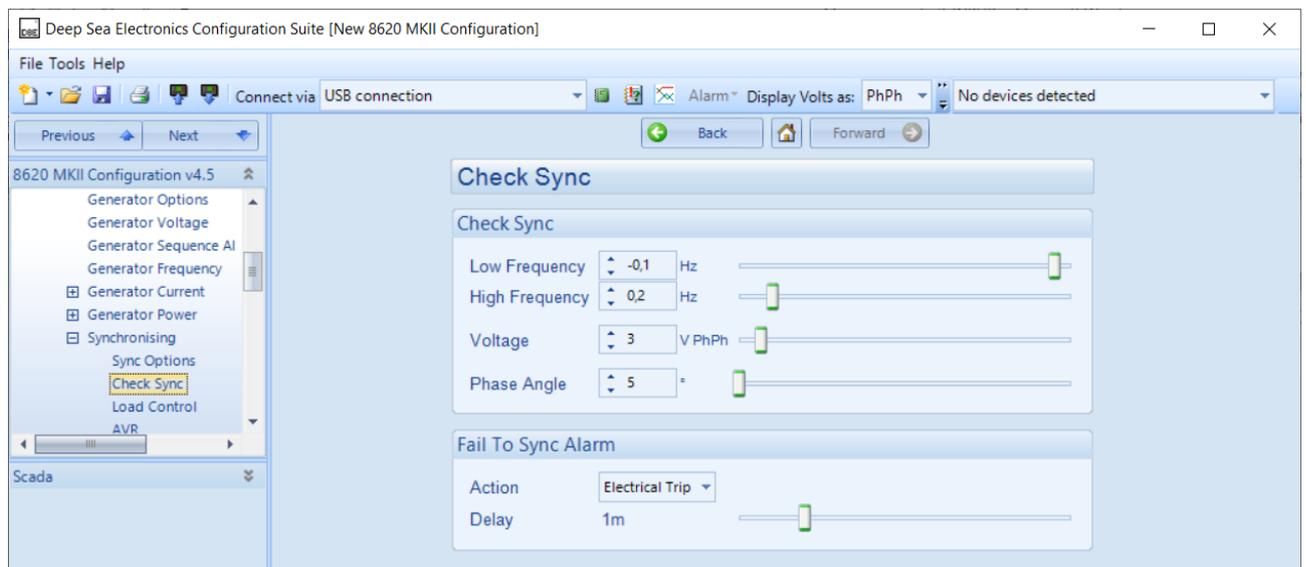


- **Le gouverneur et l'AVR**

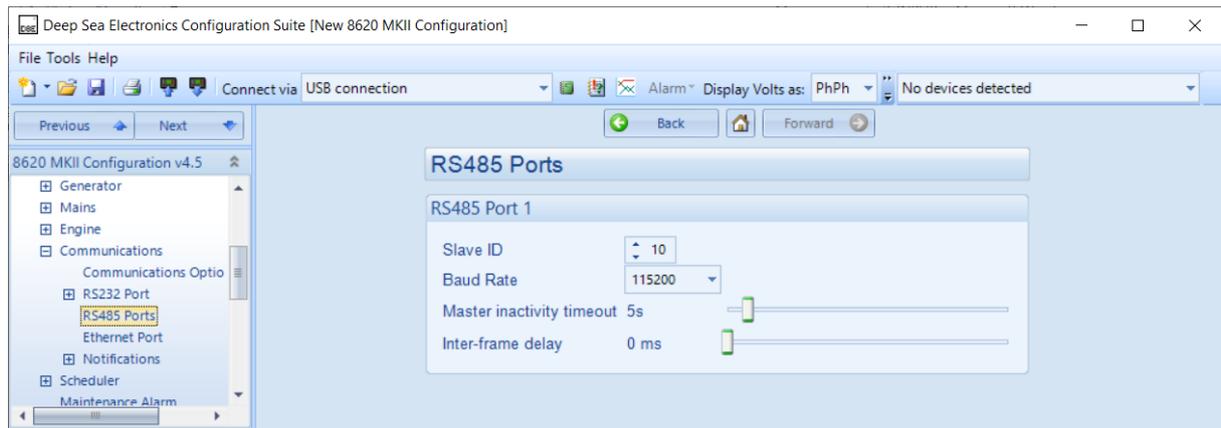


Les différentes cases sont cochées afin le module puisse avoir à tout instant l'information sur la synchronisation des gradeurs surveillées par le gouverneur et l'AVR.

- **Vérification de la synchronisation des différentes grandeurs**



- **Communication entre les groupes**



Les générateurs doivent pouvoir communiquer aisément en entre eux donc il faut pouvoir surveiller leur communication.

**ANNEXE 10 : Calendrier d'entretien d'un alternateur**

Système	ACTIVITÉ D'ENTRETIEN	Alternateur en marche	TYPE				NIVEAU D'ENTRETIEN						
	X = nécessaire * = le cas échéant		Vérifier	Test	Nettoyer	Remplacer	Mise en service	Après la mise en service 250 h / 0,5 an	Niveau 1 1000 h / 1 an	Niveau 2 10 000 h / 2 ans	Niveau 3 30 000 h / 5 ans		
Alternateur	Puissance nominale de l'alternateur		X				X						
	Agencement Bedplate		X				X						
	Agencement en couple		X				X			*		X	
	Conditions environnementales et propreté		X				X	X	X	X		X	
	Température ambiante (intérieure & extérieure)			X			X	X	X	X		X	
	Appareil complet - Pièces desserrées ou endommagées & connexions à la terre		X				X	X	X	X		X	
	Mises en garde, écrans, avertissements et étiquettes de sécurité		X				X	X	X	X		X	
	Accès pour l'entretien		X				X						
	Conditions de fonctionnement nominal électrique et excitation	X		X			X	X	X	X		X	
	Vibrations	X		X			X	X	X	X		X	
Bobines	Condition de bobines		X				X	X	X	X		X	
	Résistance de l'isolation de toutes les bobines (test PI pour MV/HV)			X			X	*	*	X		X	
	Résistance de l'isolation pour le rotor, excitateur et PMG			X				X	X				
	Capteurs de température	X		X			X	X	X	X		X	
	Configurations client pour les capteurs de température		X				X						

Système	ACTIVITÉ D'ENTRETIEN	Alternateur en marche	TYPE				NIVEAU D'ENTRETIEN					
	X = nécessaire * = le cas échéant		Vérifier	Test	Nettoyer	Remplacer	Mise en service	Après la mise en service 250 h / 0,5 an	Niveau 1 1000 h / 1 an	Niveau 2 10 000 h / 2 ans	Niveau 3 30 000 h / 5 ans	
Paliers	Condition des paliers		x				x					x
	Purgeur et rejets de graisse				x			x	x	x		x
	Graisse sur les paliers re-graissables	x				x		toutes les 4000 à 4500 heures / 6 mois				
	Paliers étanchésés		x					Toutes les 4000 à 4500 heures				
	Paliers regraissables et scellés					x				*		x
	Capteurs de température	X		x			x	x	x	x		x
	Configurations client pour les capteurs de température		X				x					
Bornier	Toutes les connexions et câblages de l'alternateur/client		X				x	x	x	x		X
Commandes et syst. auxiliaires	Configuration initiale AVR & PFC	X		x			X					
	Réglages du régulateur AVR & PFC	X		x				x	x	x		X
	Connexions client des auxiliaires			X			x		x	x		X
	Fonctions des auxiliaires			X			x	x	x	x		X
	Paramètres de synchronisation		X				X					
	Synchronisation	X		x			x	x	x	x		x
	Radiateur anti-condensation					x				*		x
Redresseur	Diodes et varistors		x				x	x	x	x		
	Diodes et varistors					x						x

Système	ACTIVITÉ D'ENTRETIEN	Alternateur en marche	TYPE				NIVEAU D'ENTRETIEN					
	X = nécessaire * = le cas échéant		Vérifier	Test	Nettoyer	Remplacer	Mise en service	Après la mise en service 250 h / 0,5 an	Niveau 1 1000 h / 1 an	Niveau 2 10 000 h / 2 ans	Niveau 3 30 000 h / 5 ans	
Refrroidissement	Température de l'arrivée d'air	x		x			x	x	x	x	x	
	Flux d'air (débit et direction)	X	x				x					
	Conditions de ventilation		X				x	x	x	x	x	
	Conditions du filtre à air (le cas échéant)			X			x	x	x	x	x	
	Filtres à air (le cas échéant)				x	x			*	*	*	