



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

Khalid BELHAOU et Brahim EL FARISSI

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en

SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS

Intitulé

**Parallélisme des Chargeurs :
Solution N+1**

Encadré par :

Pr.Mouhcine RAZI (FST Fès)

Mr.Youness CHAKIR (adetel maroc)

Soutenu le 01 juillet 2015, devant le jury composé de :

Pr M. RAZI..... : Encadrant

Mr Y.CHAKIR : Encadrant

Pr H. EL MOUSSAOUI : Examineur

Pr E. ABARKANE : Examineur

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents,

Nulle dédicace ne saurait exprimer l'amour, la reconnaissance et le respect que j'ai toujours éprouvé à votre égard. Ce travail est le fruit des innombrables sacrifices que vous avez consenti pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie. Vous vous êtes dépensés pour moi sans conter. Puisse Dieu, le tout puissant, vous procurer santé, bonheur et longue vie.

A mes chers frères

Ceux qui font ma force et ma fierté. Votre amour et soutien continus ont eu le plus grand effet sur mon parcours, je vous souhaite tout le bonheur du monde.

A tous les membres de la famille

Pour leurs prières, leur soutien et leurs encouragements.

A mes amis

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

EL FARISSI Brahim

Mes dédicaces sont destiné a :

Ceux qui méritent d'être honoré et qui se sacrifie pour me voir réussir :

Ma mère, Mon père.

Celui qui a un effet particulier dans mon parcours d'étude par ces conseils et son encadrement: Mon frère.

Mes sœurs.

Mes amis.

Mes formateurs.

Khalid BELHAOU

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à remercier Monsieur le Directeur Général d'ADETEL MAROC de nos avoir offert l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de la société.

Nous profitons de cette occasion pour exprimer toute notre gratitude à Monsieur CHAKIR YOUNESS, notre encadrant externe, pour ses efforts, ses conseils, ses encouragements, son bon sens d'orientation et son soutien continu qui ont contribué à mener à bien ce projet.

Nous ne manquerons pas d'exprimer notre grande reconnaissance à M.BARAKA Hatim, à M.ALLOBANE Mohammed et M.MAIARA Mohammed pour le soutien, la disponibilité, la persévérance et la patience, dont ils ont fait preuve à notre égard durant toute la période du stage.

Nous profonds remerciements s'adressent également à M.RAZI Mouhcine qui a fait l'honneur d'accepter d'être notre encadrant pédagogique, ainsi que pour tous ses précieux conseils et recommandations qui nous ont été d'une grande utilité.

Nos remerciements s'adressent aussi à M.LAHBABI Mohamed coordinateur de la filière Systèmes électronique et Télécommunications au sein de l'FST de Fès pour son aide et son support.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux à qui nous avons eu l'honneur de faire connaissance durant la période du stage, pour leur encouragement et leur collaboration. Nous remercions également tout l'ensemble du corps professoral de l'FSTF pour tous les efforts qu'il a fourni durant notre parcours scolaire.

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur et l'amabilité d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail.

Merci à toute personne ayant contribué de près ou de loin au déroulement de ce projet.

Résumé

Le chargeur fait partie d'une Alimentation Sans Interruption dont la mission première est d'assurer la continuité d'approvisionnement de l'énergie électrique aux usines de production, aux hôpitaux, aux sites isolés et aux équipements critiques ou sensibles. Ainsi même en cas d'absence du réseau l'alimentation sans interruption fournit l'énergie nécessaire à partir de ses batteries pendant des heures.

Dans le cadre d'amélioration du produit chargeur et minimisation de son coût de fabrication, ADETEL MAROC nous a proposé de travailler sur le projet du parallélisme des chargeurs.

La mise en parallèle des chargeurs permet d'augmenter la puissance disponible. Cette disposition s'impose lorsque la puissance demandée par l'utilisation dépasse la puissance maximale disponible sur un chargeur. Toutefois dans la majorité des cas, la mise en parallèle est utilisée pour augmenter la disponibilité, ceci afin de pouvoir continuer à alimenter l'utilisation avec un chargeur endommagé.

Notre travail porte sur le recensement et l'analyse des contraintes auxquelles le chargeur doit répondre afin de concevoir notre propre solution de parallélisme des chargeurs et sur le développement d'une communication entre ces chargeurs.

Abstract

The Charger is a part of an Uninterruptible Power Supply, that ensures the availability of electrical energy to the plants, hospitals, isolated sites and critical or sensitive equipment, in fact, even if the network grid is not operational, the Uninterruptible Power Supply does provide energy to the user through batteries for hours.

As part of the charger product improvement and reducing its manufacturing costs. ADETEL MAROC offered to work on the parallelism of chargers project.

The parallel chargers increase the available power. This provision is required when the power required by the use exceeds the maximum power available on a charger. However in most cases, the parallel is used to increase the availability, in order to continue to supply the load with a faulty charger.

Our work focuses on the identification and analysis of the constraints to which the charger must respond, in order to conceive our own solution of chargers parallelism and the develop of communication between them.

Table des matières

Dédicaces	0
Remerciements	2
Résumé	3
Abstract	3
Table des matières	4
Liste des figures	6
Liste des tableaux	8
Introduction générale	9
CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise et contexte général du projet	10
Introduction	11
1. Adetel Group	11
2. Adetel Maroc	13
3. Contexte général du projet	15
4. Cahier des charges	16
Conclusion:.....	16
CHAPITRE 2 : Description du Chargeur Betronics	17
Introduction	18
1. Définition du chargeur.....	18
2. Principe de fonctionnement.....	18
3. Les éléments d'un chargeur de batterie	19
3.1. Transformateur	19
3.2. Redresseur	19
3.3. Filtre de sortie	19
3.4. Contrôle-Commande (capteur+régulateur+pilote)	19
3.5. Batterie	20
4. Schéma général du chargeur.....	20
Conclusion.....	22
CHAPITRE 3 : Conception du Parallélisme des Chargeurs	23
Introduction	24
1. Choix de l'Architecture	24
1.1. Architecture Parallèle / Redondant : (batterie commune)	24
1.2. Architecture Parallèle / Redondant : (batterie séparer)	24
2. Fonction principale de la communication :	25
3. Choix de bus de communication	26
3.1. SPI (Serial Peripheral Interface)	27
3.2. Bus I²C (Inter-Integrated Circuit)	27

3.3. L'Interface RS485	28
3.4. Bus CAN (Controller Area Network)	28
4. Données de communication	29
5. Organigramme de gestion du parallélisme	30
5.1. L'état AJOUT	31
5.2. L'état ARRET	32
5.3. L'état MARCHE	33
5.4. Les fonctions utilisées	34
5.5. L'étude des temporisations	42
6. Les trames de communication	42
7. Microcontrôleur.....	44
7.1. Série STM32F1	44
7.2. Microcontrôleurs série STM32F107	44
7.3. Le Cortex M3 :	45
Conclusion.....	46
CHAPITRE 4 : Simulation de la partie puissance des chargeurs.	47
Introduction	48
1. Simulation	48
1.1. Synchronisation	48
1.2. Bloc de calcul	49
1.3. Unité de traitement	49
1.4. Correcteur PI	50
2. Réalisation	52
Conclusion.....	53
Conclusion Générale	54
Bibliographie	55
Webographie	55
Annex I: Bus CAN	56
Annex II: Fiche de Commande	66

Liste des figures

Figure 1 : Implantations d'Adetel Group à travers le monde.	11
Figure 2 : L'organigramme de la direction d'Adetel Group.	12
Figure 3 : Répartition du C.A. d'Adetel Group par secteur d'activité.	12
Figure 4 : L'organigramme d'Adetel Maroc.	14
Figure 5 : Cartographie des processus d'Adetel Group.	14
Figure 6 : Chargeur de batteries.	18
Figure 7 : Schéma Synoptique du chargeur.	19
Figure 8 : Courbe de charge de batterie.	20
Figure 9 : Schéma général du chargeur.	21
Figure 10 : Architecture Parallèle / Redondant : (batterie commune).	24
Figure 11 : Architecture Parallèle / redondant : (batterie séparer).	25
Figure 12 : Schéma de deux chargeurs en parallèle.	26
Figure 13 : Bus SPI maître et trois esclaves indépendants.	27
Figure 14 : Longueur de bus et Débit.	29
Figure 15 : L'organigramme d'état.	30
Figure 16 : L'organigramme d'ajout.	31
Figure 17 : L'organigramme d'arrêt.	32
Figure 18 : L'organigramme de marche.	33
Figure 19 : L'organigramme d'Envoi Message de réponse sur la demande d'information.	35
Figure 20 : L'organigramme d'Ajouter chargeur.	35
Figure 21 : L'organigramme d'Envoi Message d'attente.	36
Figure 22 : L'organigramme d'Initialisation de la liste des chargeurs et temporisation.	36
Figure 23 : L'organigramme d'Envoi message d'ajout chargeur.	37
Figure 24 : L'organigramme d'Envoi message de marche-arrêt.	38
Figure 25 : L'organigramme d'Envoi message de réponse sur la demande d'information.	38
Figure 26 : L'organigramme d'Envoi le message de donnée du chargeur.	39
Figure 27 : L'organigramme de traitements données.	40
Figure 28 : L'organigramme d'Élimination chargeur.	41
Figure 29 : L'organigramme de Calcul de la somme des courants maximaux.	41
Figure 30 : Message de demande information sur le réseau.	42
Figure 31 : Message de réponse sur la demande d'information réseau.	43
Figure 32 : Message d'ajout d'un chargeur.	43
Figure 33 : Message de données.	43
Figure 34 : Message d'attente.	43
Figure 35 : Message de Marche-Arrêt.	43
Figure 36 : La Carte de Commande du chargeur.	44
Figure 37 : Architecture interne de STM32F107. [1]	45
Figure 38 : Schéma de puissance d'un chargeur.	48

Figure 39 : Organigramme de régulation.....	49
Figure 40: Mise en oscillation d'un système par contre-réaction. [5'].....	50
Figure 41 : Schéma de puissance de deux chargeurs en parallèle.	51
Figure 42 : Les courbes de courant et de tension des quatre chargeurs.	52
Figure 43 : Schéma de câblage du Transceiver.....	52
Figure 44 : Exemple de perte d'arbitrage : le nœud perd l'arbitrage au 11ème bit.	58
Figure 45 : Trame de donnée.	59
Figure 46 : Champ d'Arbitrage : format standard.....	59
Figure 47 : Champ de commande.	59
Figure 48 : Champ CRC.....	60
Figure 49 : bit stuffing.	60
Figure 50 : Trame d'erreur active.....	61
Figure 51 : Trame d'erreur passive.....	61
Figure 52 : Compteur d'erreur et état d'un nœud.....	62
Figure 53 : Structure d'un réseau CAN.	63
Figure 54 : Paire filaire du bus CAN.	63
Figure 55 : Niveaux de tension du bus CAN Low speed.....	64
Figure 56 : Niveaux de tension du bus CAN High speed.	65
Figure 57 : Fiche de commande matérielle.....	67

Liste des tableaux

Tableau 1 : Réalisations d'Adetel Group par secteur d'activité.	13
Tableau 2 : Finalités et étapes des processus métiers appliqués à Adetel Maroc.	15
Tableau 3 : Les données de communication.	30
Tableau 4 : Table des variables.	34
Tableau 5 : Ajustement des gains de régulateur selon la méthode de Ziegler-Nichols. [5']	50
Tableau 6 : Les deux types de bus CAN.	64

Introduction générale

Les usines industrielles nécessitent une grande fiabilité notamment en ce qui concerne la mise à disposition de l'énergie, afin d'offrir une alimentation sans interruption à ses équipements. Alors toute coupure de courant est susceptible d'occasionner un arrêt de l'installation, entraînant, ainsi, une perte importante d'argent et du temps. Les chargeurs offrent une protection parfaite contre les coupures inattendues et assurent la continuité de fournir de l'énergie électrique via leurs batteries.

Le parallélisme des chargeurs signifie que l'on relie un ensemble de deux ou plusieurs chargeurs entre eux de telle sorte que, dans le cas peu probable où l'un d'eux tombe en panne, les autres peuvent automatiquement fournir la totalité de la charge électrique et assurer ainsi la continuation du fonctionnement de l'ensemble des équipements.

L'objectif de ce stage de fin d'étude est de faire la conception d'une communication robuste et puissante qui permet d'établir l'échange des données entre les chargeurs de manière rapide et efficace, afin de garantir au maximum la protection de l'installation électrique et augmenter de façon exponentielle la fiabilité du système global.

Ce rapport va être scindé en quatre chapitres. Dans le premier, nous allons introduire une présentation de l'organisme d'accueil suivie par le contexte général du projet, Dans le second chapitre, nous allons expliquer le fonctionnement des chargeurs, leurs composantes ainsi que le rôle de chaque élément. Ensuite, le troisième chapitre sera consacré à détailler le mécanisme des chargeurs mise en parallèle et à expliquer notre conception. Finalement, dans le dernier chapitre, nous allons présenter les résultats de simulation.

CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise et contexte général du projet

Introduction

Dans ce 1^{er} chapitre, nous présentons brièvement l'organisme d'accueil: ADETEL Maroc, ainsi qu'au groupe auquel elle fait partie. Nous introduisons le lecteur vers la fin du chapitre au contexte général de notre projet.

1. Adetel Group

Adetel Group, a un effectif de 650 personnes et un chiffre d'affaire de 60 M€ à la fin de 2014, il est spécialisé dans la conception et la fabrication des systèmes embarqués en environnements contraints. En effet, Adetel Group conçoit et industrialise des systèmes électroniques et logiciels embarqués pour les comptes de l'industrie aéronautique, ferroviaire, automobile, médicale, de l'énergie et de défense. Les implantations du groupe à travers le monde sont illustrées par la figure 1.

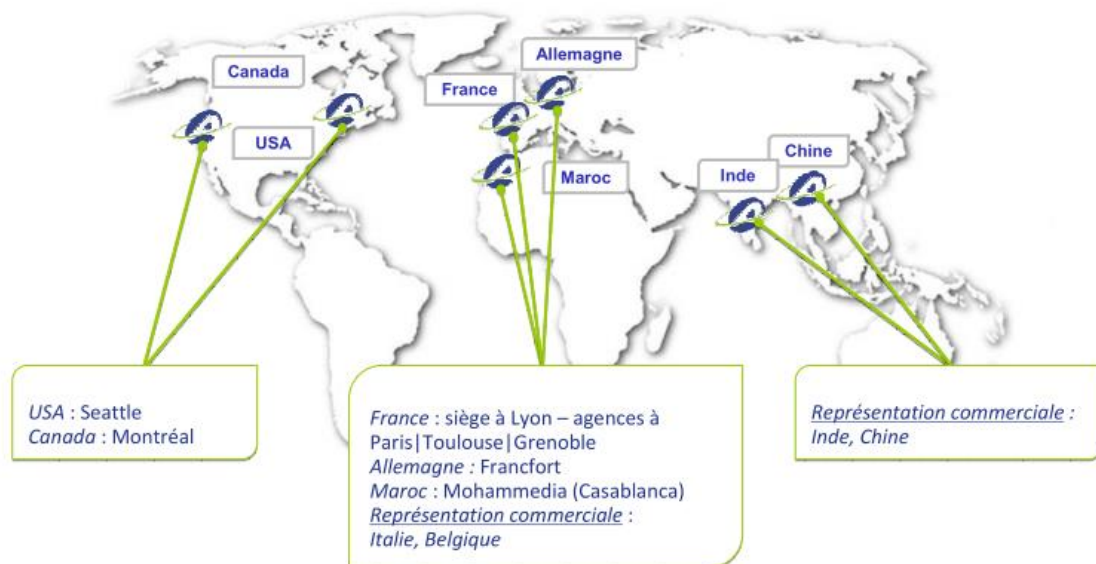


Figure 1 : Implantations d'Adetel Group à travers le monde.

Créée en 1990 sous le nom de Sodipe Graphique (filiale du groupe Sodipe), l'entreprise noue, dès 1994, un partenariat avec deux entreprises régionales complémentaires (ICRA et CMS) et change sa raison sociale pour Adetel. En 2001, Adeset débute ses activités dans l'ingénierie logicielle embarquée et fusionne avec Adetel pour donner Adeneo en 2005. Ainsi, le groupe a été créé. Actuellement, Adetel Group réunit :

➤ Adeneo

C'est une société d'ingénierie d'Adetel Group, localisée en France et au Maroc, et elle est spécialisée dans la conception et la fabrication des systèmes embarqués en environnement contraint. Elle a récemment développé un produit de récupération et de stockage d'énergie à base de supercondensateurs destiné au domaine ferroviaire.

➤ **Adeneo Embedded**

Situé en France, USA et en Allemagne, Adeneo Embedded est spécialisée dans le développement du logiciel embarqué ou mobile mettant en œuvre les principaux systèmes d'exploitation du marché (Android, Linux embarqué, Windows Embedded et Windows Phone).

➤ **Adetel Equipment**

Adetel Equipment, localisé en France et au Maroc, propose à ses clients la prise en charge globale d'un projet, depuis les spécifications jusqu'à la production en série dans les domaines de l'électrotechnique, de l'électronique et de la mécanique.

L'organisation de l'ensemble de ces entreprises est assurée par différentes sections de direction décrites par l'organigramme de la figure 2.

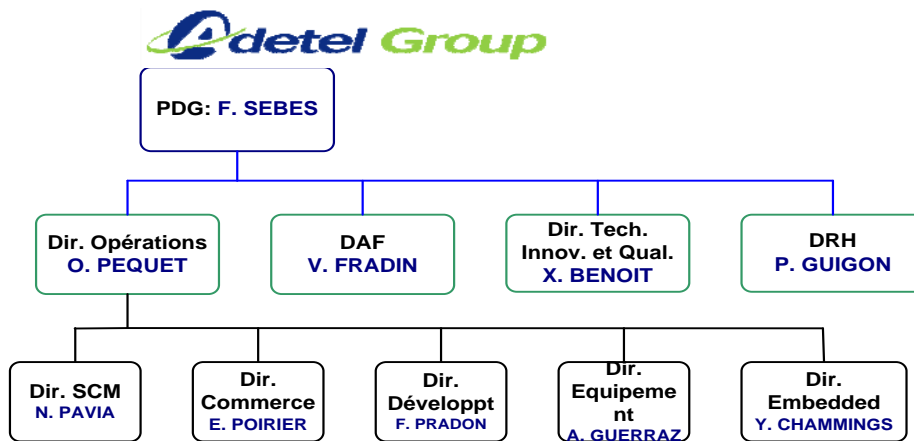


Figure 2 : L'organigramme de la direction d'Adetel Group.

La répartition du chiffre d'affaire du groupe et ses différentes réalisations par secteur d'activité sont données par la figure 3 et le tableau 1.

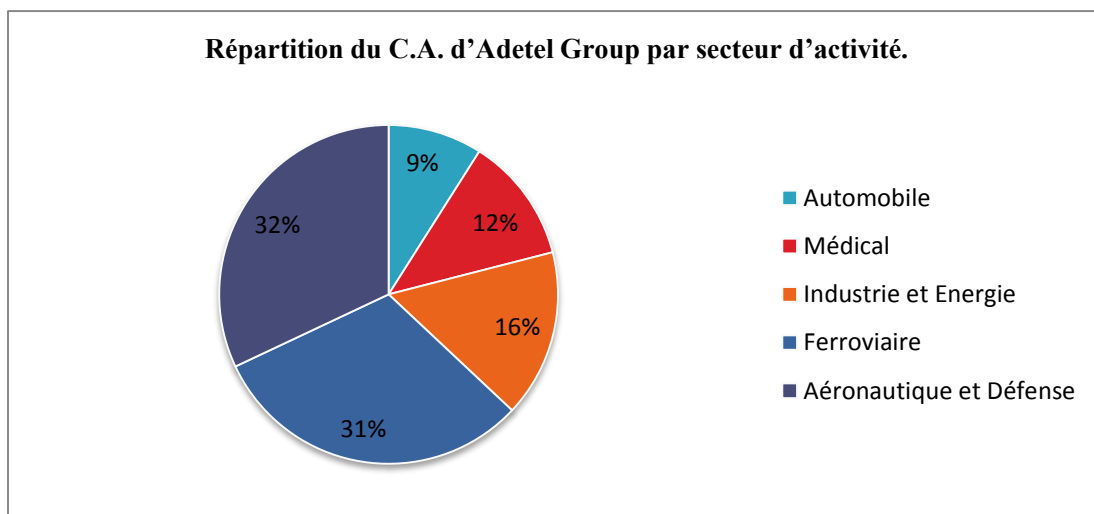


Figure 3 : Répartition du C.A. d'Adetel Group par secteur d'activité.

Secteur d'activité	Réalisations
Aéronautique	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrateur de données avion • Visualisation de Cockpit • Enregistreur de données phases de décollage et atterrissage • Baie de tests • Actuateurs • Détecteur de menaces • Alimentation de baies de mesures embarquées • Onduleur de ventilation • Inverseur de poussée
Ferroviaire	<ul style="list-style-type: none"> • Calculateur de protection anticollision débarquée • Industrialisation et production de cartes • Convertisseurs de puissance • Automate de commande • Coffre de batterie et super-condensateurs avec chargeur • Armoires de test
Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Commutateur de puissance • Télé-relevé de mesure de l'énergie • Chargeur de batterie basse tension • Régulateur pour le photovoltaïque
Défense	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance et défense passive • GPS et PDA pour fantassin • Capteur optique temps réel d'humidité • Carte interface vidéo et IR
Automobile	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur automobile • Equipement de localisation
Médical	<ul style="list-style-type: none"> • Echographe oculaire • Pompe à insuline • Système de commande lit hospitalier • Contrôle électrique des appareils en salle opératoire

Tableau 1 : Réalisations d'Adetel Group par secteur d'activité.

2. Adetel Maroc

Adetel Maroc S.A. est une filiale à 85 % d'Adetel Group qui s'inscrit dans le cadre de sa stratégie « Nearshore ». D'après la figure 4 qui illustre son organisation, Adetel Maroc comprend quatre équipes (Logiciel, FPGA, Electronique et CAO) formant un Bureau d'Etude de 20 ingénieurs et techniciens dont les domaines de compétences sont:

- ✓ La conception électronique.
- ✓ La vérification et la validation.
- ✓ La conception des logiciels et FPGA.
- ✓ L'industrialisation électronique (CAO).
- ✓ Support au Maintien en Conditions Opérationnelles (MCO) des produits électroniques.

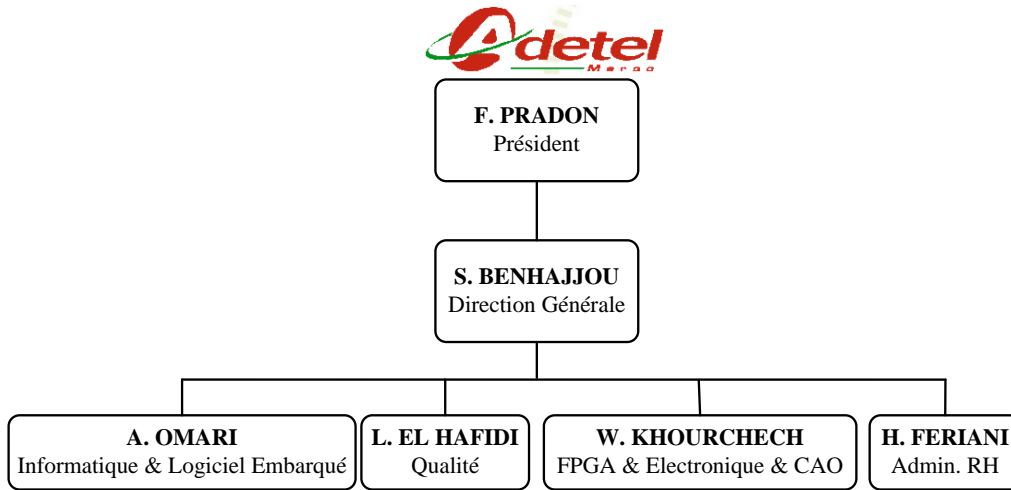


Figure 4 : L'organigramme d'Adetel Maroc.

Dans la cartographie des processus d'Adetel Group, Adetel Maroc intervient uniquement dans les processus élémentaires indiqués en couleur bleu (figure 5).

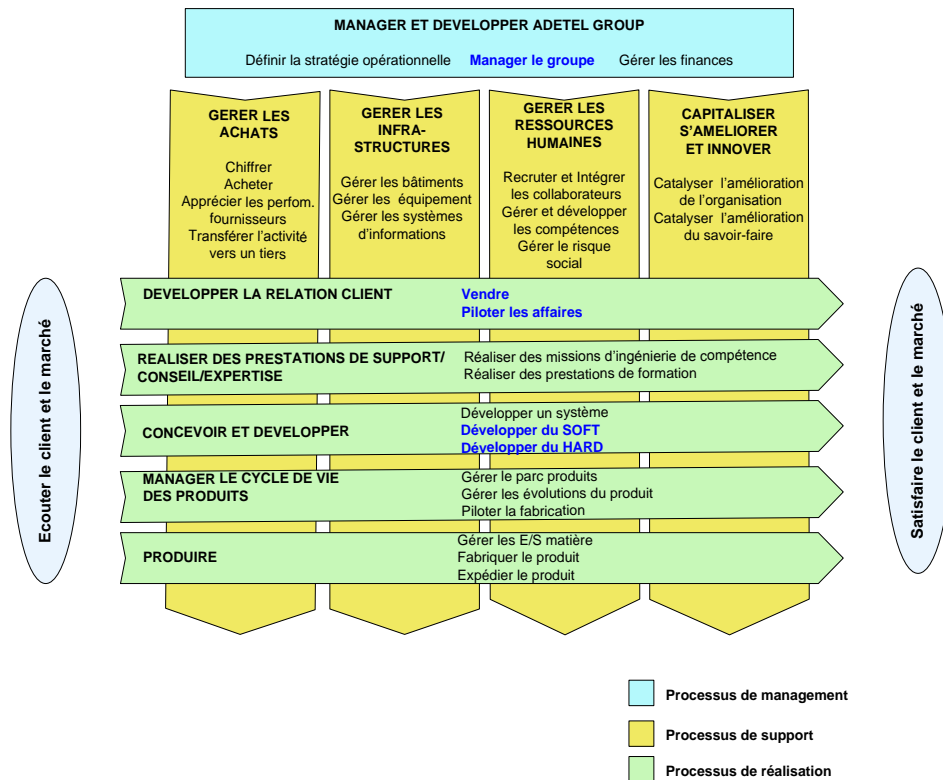


Figure 5 : Cartographie des processus d'Adetel Group.

Le tableau 2 indique la finalité de chaque processus métiers appliqué à Adetel Maroc ainsi que les étapes de son déroulement.

Processus	Finalités	Etapes
Manager le groupe	<ul style="list-style-type: none"> Définir les objectifs pour atteindre, entretenir et améliorer les performances du groupe. Favoriser la mobilisation de l'ensemble du personnel autour de la stratégie du groupe. 	<ol style="list-style-type: none"> Définir les objectifs Décliner les objectifs du groupe dans les entités Analyser les performances des processus Fixer les responsabilités et autorités Fournir les moyens Revoir l'adéquation du système de management qualité Communiquer
Développer du SOFT	Guider le développement des projets logiciels, en indiquant les sous-processus à suivre selon les typologies de projet, les phases à respecter et les documents associés.	<ol style="list-style-type: none"> Lancer l'étude Spécifier le logiciel Concevoir le logiciel Coder Intégrer/Valider Gérer la configuration Livrer
Développer du HARD	Guider le développement des projets de cartes électroniques, en indiquant les sous-processus à suivre selon les typologies de projet, les phases à respecter et les documents associés.	<ol style="list-style-type: none"> Lancer l'étude Spécifier Concevoir Piloter le placement routage Piloter le prototypage Valider
Piloter les affaires	<ul style="list-style-type: none"> Gérer les affaires et les projets Assurer la qualité des projets et des produits 	<ol style="list-style-type: none"> Mettre en place l'environnement de l'affaire Réaliser la revue de commande Réaliser la revue de lancement Lancer l'affaire avec le client Piloter l'avancement Gérer les évolutions du périmètre de l'affaire Piloter la sous-traitance Piloter le budget Etre l'interface avec la direction Réaliser un bilan de fin d'affaire Gérer la garantie Archiver l'affaire
Vendre	<ul style="list-style-type: none"> Gagner de nouveaux marchés, fidéliser les clients existants. Réaliser le chiffre d'affaires en adéquation avec la stratégie du groupe. Assurer la satisfaction des clients. 	<ol style="list-style-type: none"> Prospecter Créer un compte client Suivre les comptes clients Enregistrer une opportunité de vente Analyser les risques Ouvrir un dossier produit Revoir les exigences Réaliser le devis technique Etablir et revoir l'offre Envoyer l'offre Obtenir la commande

Tableau 2 : Finalités et étapes des processus métiers appliqués à Adetel Maroc.

3. Contexte général du projet

En vue d'accroître leur position concurrentielle vis-à-vis des autres, les sociétés doivent être en mesure d'offrir en permanence des produits performants et s'assurer de la qualité des services en mobilisant les moyens nécessaires d'y aboutir de la manière la plus fiable et la moins coûteuse. Mais

ceci reste difficile à imaginer face aux offensives qu'apporte la progression actuelle du secteur électronique.

En effet, ADETEL Maroc s'apprête à développer la nouvelle version de chargeurs, pour le développement de la très haute disponibilité énergétique, ce qui la nécessite à mettre en place d'autres options telle que la rapidité de traitement des données et la facilitation de commande de système, tout en tenant compte le prix de conception. Dans ce contexte, ADETEL Maroc nous propose de travailler sur le parallélisme des chargeurs « solution N+1 », qui consiste à mettre deux ou plusieurs chargeurs en parallèle, de telle sorte à gérer la communication entre les chargeurs.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études, visant l'étude de la solution N+1 sur laquelle nous nous baserons pour élaborer les différents scénarios nécessaires pour atteindre la bonne gestion de parallélisme des chargeurs.

4. Cahier des charges

Le parallélisme doit respecter la contrainte de participer à alimenter la charge et en même temps à charger les batteries en assurant une courbe de charge précise pour augmenter la durée de vie des batteries. Il faut, donc, construire une communication pour faire la gestion des chargeurs et le transfert des données entre eux.

La mise en parallèle entre les chargeurs alimentant la même charge doit respecter les contraintes suivantes :

- Chaque chargeur doit délivrer un pourcentage de courant de charge selon sa puissance.
- Chaque mise à jour de courant de charge ne doit pas dépasser 10 millisecondes (le temps maximum pour que chaque chargeur reçoit les données des autres chargeurs et calcule le nouveau courant qu'il doit fournir à la charge).
- Gestion de chaque chargeur doit être indépendante de l'autre.
- La communication doit être adaptée à toutes les phases de fonctionnement de chargeur.
- La communication doit être solide et fiable afin d'éviter le dysfonctionnement du système.
- La gestion du parallélisme des chargeurs doit être automatique sans intervention de l'utilisateur.
- Configuration des paramètres de la batterie doit se faire sur un seul chargeur et diffuser aux autres.

Conclusion:

Ce chapitre introductif a été consacré essentiellement à la présentation de l'environnement de stage, l'entité d'accueil ADETEL MAROC. Il met aussi l'accent sur le contexte général du projet.

Avant d'entamer la conception du parallélisme, il serait judicieux de commencer tout d'abord par une explication du principe d'un chargeur et le rôle de ses éléments, dont la connaissance semble indispensable à la maîtrise du projet.

CHAPITRE 2 : Description du Chargeur Betronics

Introduction

Le chargeur conçu va rendre service aux industries en agissant sur tous types de batteries dans le but de fournir l'énergie nécessaire à l'alimentation de tout système industriel même lors de la coupure de l'alimentation secteur, assurant ainsi la continuité d'exploitation.

Ce chapitre présentera brièvement, une définition du chargeur, son fonctionnement ainsi que les différents éléments qui le constituent et le rôle de chaque élément.

1. Définition du chargeur

Les chargeurs sont des alimentations industrielles à courant continu associées à des batteries plomb ou Nickel-Cadmium. Ils fournissent l'énergie nécessaire à l'alimentation de tout système industriel (Dispositifs d'actionnement des protections HT (Haut Tension) ou MT (Moyenne Tension), automates, équipements de télé-conduite ou de télécommunication) même lors de la coupure de l'alimentation secteur, assurant ainsi la continuité d'exploitation.



Figure 6 : Chargeur de batteries.

2. Principe de fonctionnement

La figure ci-dessous représente le schéma synoptique du chargeur, en effet, la tension triphasée alternative d'entrée est transformée en une tension triphasée alternative proche de l'intervalle de fonctionnement requis via le transformateur, puis redressée et filtrée moyennant le redresseur et le filtre de sortie pour enfin alimenter la charge connectée.

Les tensions d'entrée, de sortie et le courant de sortie sont mesurés et affichés sur un écran LCD, sachant que chaque anomalie sera signalée et provoquera l'arrêt du système jusqu'à sa réparation.

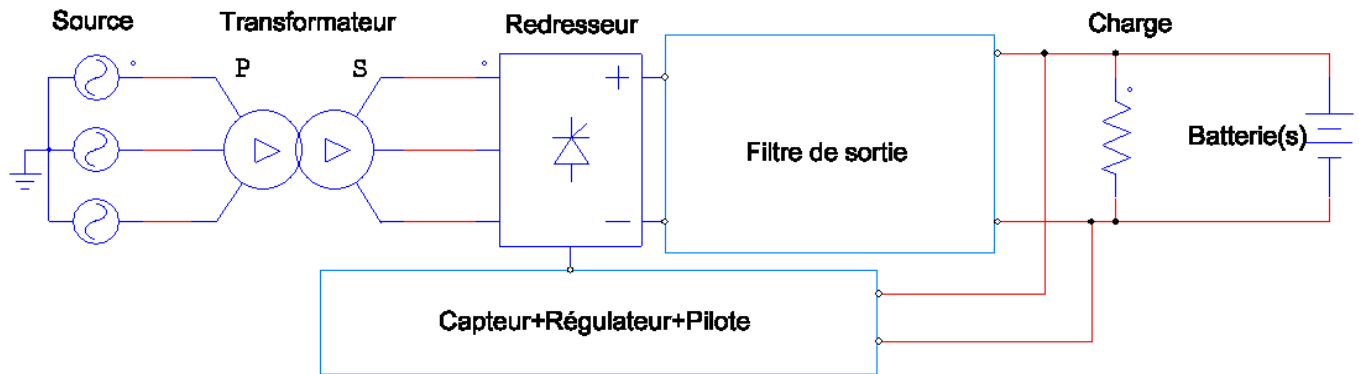


Figure 7 : Schéma Synoptique du chargeur.

3. Les éléments d'un chargeur de batterie

Le chargeur de batterie est composé de plusieurs éléments, à savoir : le transformateur, le redresseur, le filtre de sortie, le contrôle-commande et la batterie et chacun de ces éléments à une fonction principale.

3.1. Transformateur

Un transformateur électrique (parfois abrégé en transfo) est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par la source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement. Pour notre étude, un transformateur de 400v/48v est utilisé. [1']

3.2. Redresseur

Un redresseur, également appelé convertisseur alternatif - continu (rectifier en anglais), est un convertisseur destiné à alimenter une charge de type continu, qu'elle soit inductive ou capacitive à partir d'une source de tension alternative. [1']

3.3. Filtre de sortie

Le filtre de sortie a pour rôle l'atténuation des ondulations de la tension de sortie au niveau prescrit par le cahier des charges de client.

3.4. Contrôle-Commande (capteur+régulateur+pilote)

Le but de l'unité Contrôle-commande est mesurer les tensions et les courants E/S, afin de faire la régulation souhaitée, cette partie se compose de deux cartes électroniques :

- La carte de commande : elle est chargée de convertir le courant et la tension lus par les capteurs en une tension visible par l'ADC du microcontrôleur pour ensuite envoyer un angle de déclenchement adapté à la régulation souhaitée.
- La carte d'affichage : elle a pour objectif d'afficher certaines informations (courant et tensions de sortie, niveau de batterie etc....) sur un écran LCD ainsi que la signalisation de l'état du chargeur par des LED.

3.5. Batterie

La batterie permet de fournir 48V en sortie du chargeur lorsque l'entrée triphasée est coupée. Elle doit être capable de supporter une coupure de secteur de 30 minutes durant laquelle elle assurera l'alimentation 48VDC/200A.

Pour augmenter la durée de vie des batteries il faut respecter la courbe de charge suivante:

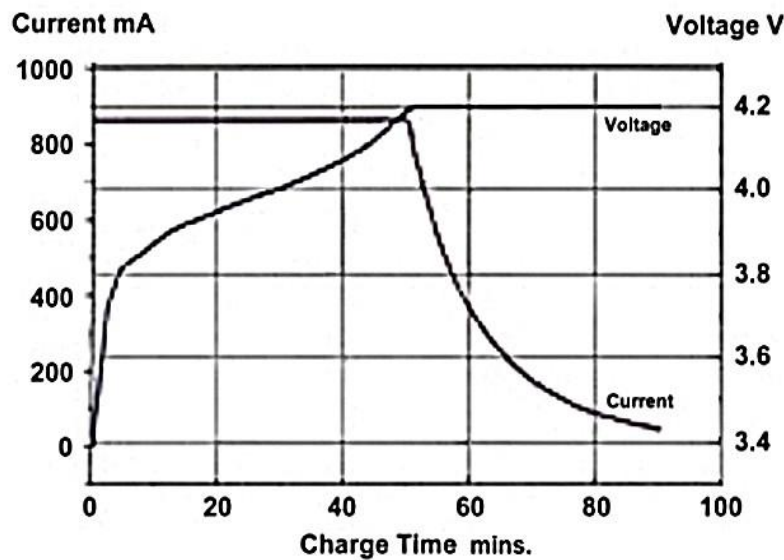


Figure 8 : Courbe de charge de batterie.

Au début, la charge de la batterie se fait à courant constant en agissant sur la tension. Quand la tension arrive à un seuil donné, on fixe la tension et le courant diminue automatiquement.

4. Schéma général du chargeur

La figure suivante présente le schéma général du chargeur :

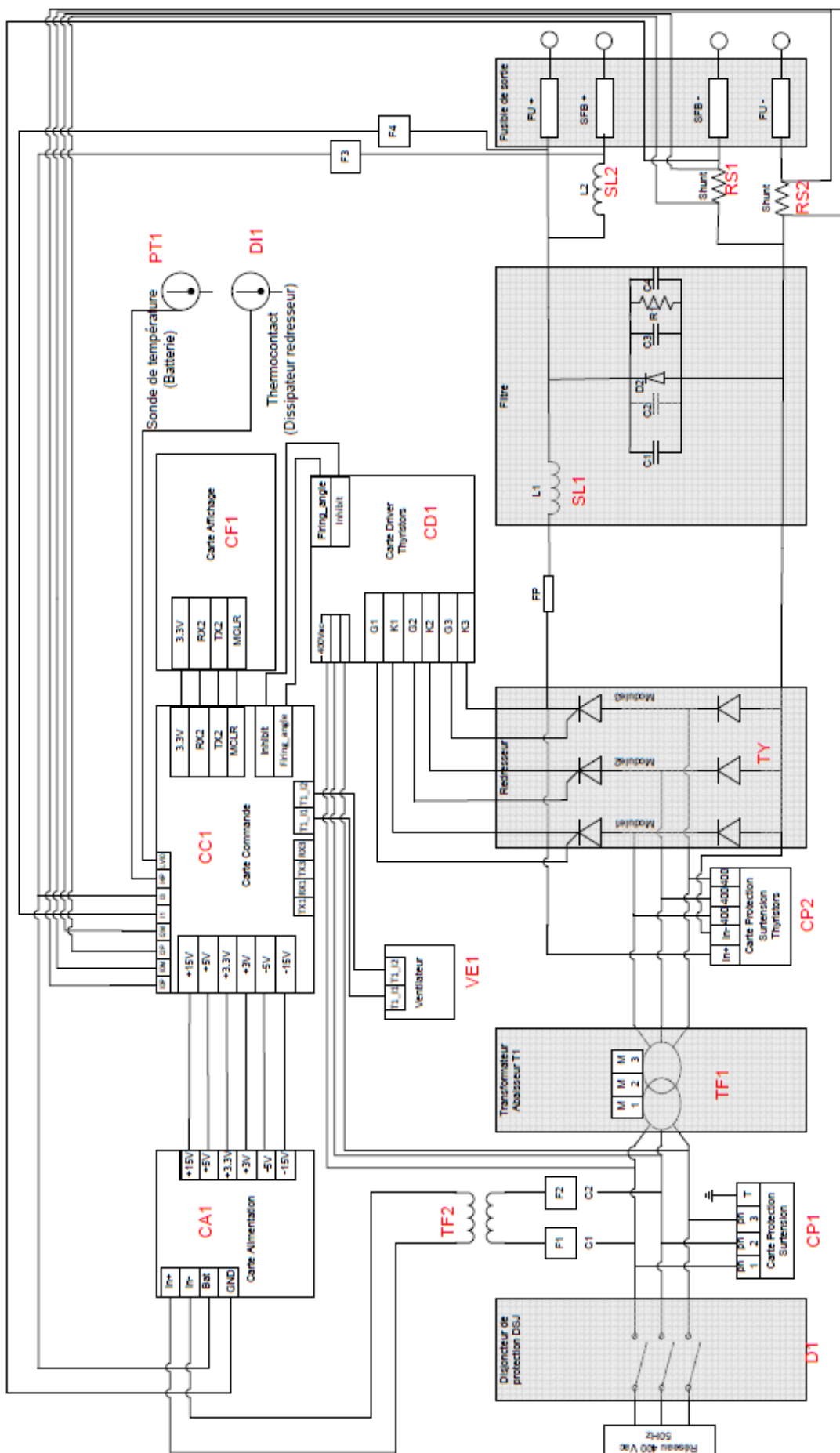


Figure 9 : Schéma général du chargeur

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté, la définition et le fonctionnement du chargeur ainsi que le rôle de chaque élément du chargeur. Nous avons donc posé les briques de base et assemblé quelques concepts qui s'avèrent nécessaires à la compréhension de notre étude.

CHAPITRE 3 : Conception du Parallélisme des Chargeurs

Introduction

Dans ce troisième chapitre, nous allons illustrer notre étude concernant la réalisation du parallélisme des chargeurs à savoir les choix et les explications des différentes parties et l'organigramme de gestion du parallélisme.

1. Choix de l'Architecture

On distingue deux Architectures en parallèles disponible:

- Architecture Parallèle / redondant : (batterie commune)
- Architecture Parallèle / redondant : (batterie séparer)

1.1. Architecture Parallèle / Redondant : (batterie commune)

Cette architecture dispose d'une batterie commune. Tous les chargeurs participent à la charge de la batterie en respectant la contrainte du pourcentage suivant la puissance, et en même temps ils alimentent la charge en agissant sur un seul paramètre, la tension.

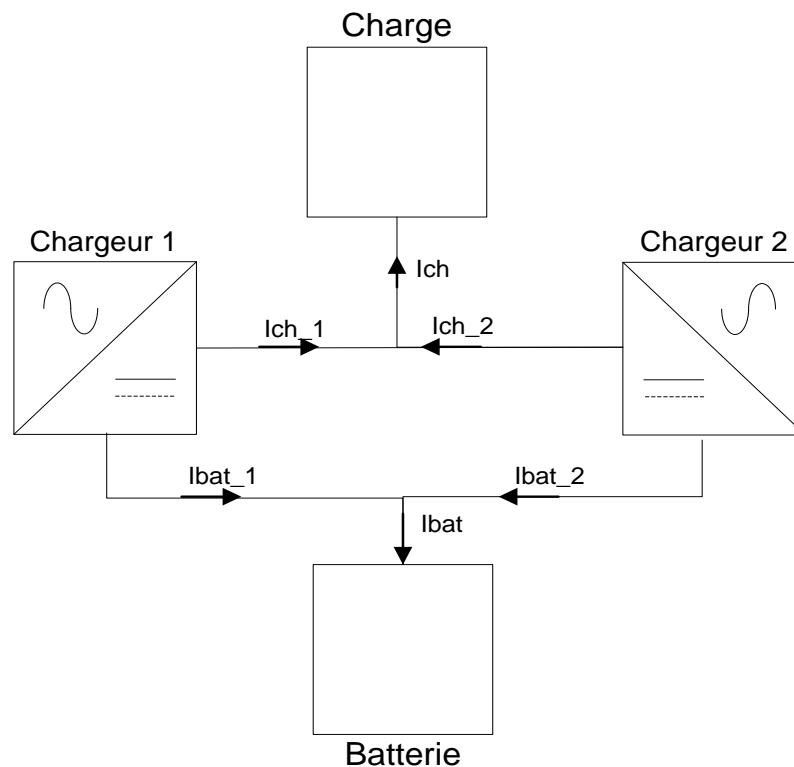


Figure 10 : Architecture Parallèle / Redondant : (batterie commune).

1.2. Architecture Parallèle / Redondant : (batterie séparer)

Quant à l'architecture parallèle/ Redondant avec batterie séparer, chaque chargeur a sa batterie ce qui rend la gestion de la communication pour assurer la distribution du courant plus difficile car on a des profils de charge de batterie différents. Un autre problème s'impose lors de la décharge des

batteries puisqu'on va avoir des courbes de décharge différentes dû à un déséquilibre entre les niveaux de charge des batteries ce qui réduit la durée de vie des batteries.

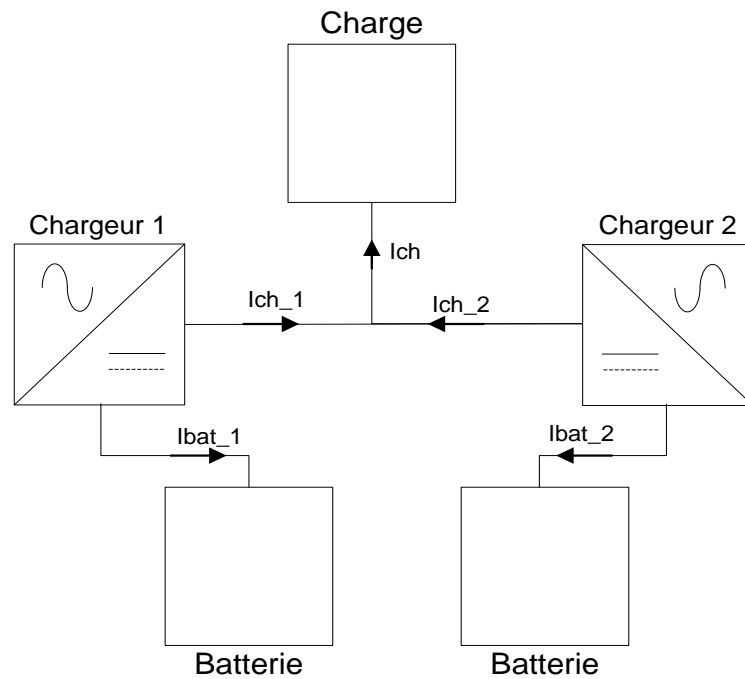


Figure 11 : Architecture Parallèle / redondant : (batterie séparer).

Les deux explications qui précèdent, nous amené à choisir l'Architecture Parallèle / Redondant : (batterie commune) parce qu'elle permet l'augmentation de la durée de vie des batteries et facilite la gestion de communication. Elle est donc la solution la plus convenable.

2. Fonction principale de la communication :

Comme le montre la figure 12, plusieurs chargeurs (monter on parallèle) alimentent la même charge, et chaque chargeur participe à la charge de la batterie suivant un pourcentage déterminé selon sa puissance. Il faut donc gérer la communication entre les chargeurs pour que chaque chargeur reçoit les informations de tous les autres chargeurs afin de connaître le courant de charge qu'il doit délivrer (de même manière pour le courant de la batterie).

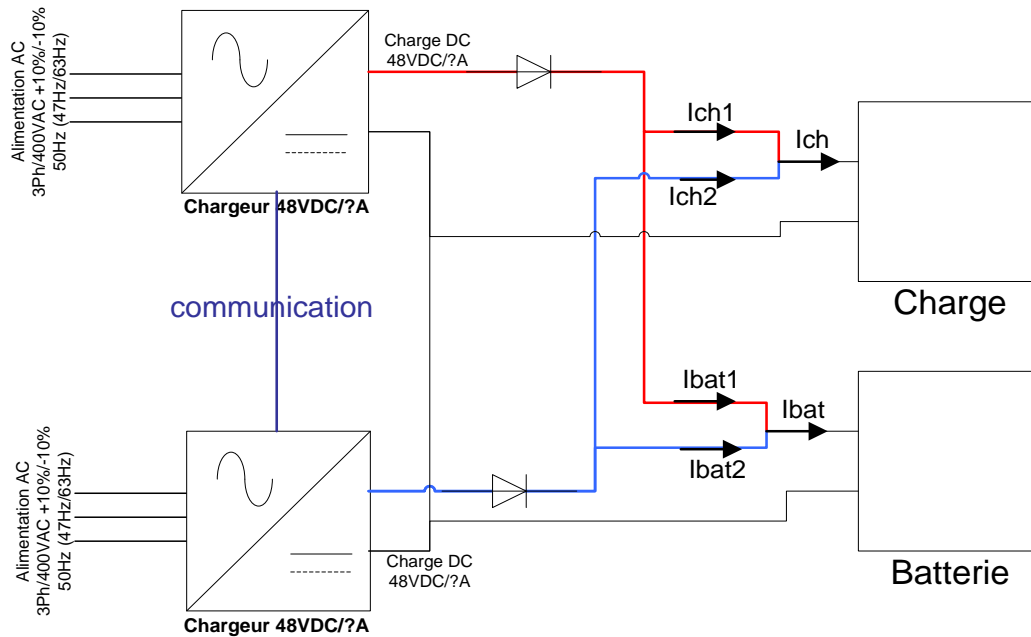


Figure 12 : Schéma de deux chargeurs en parallèle.

On peut varier le courant fourni par chaque chargeur par des petites variations dans sa tension de sortie en variant l'angle d'attaque du thyristor dans le redresseur.

✓ Exemple :

Le premier chargeur a un courant maximal de 100A et le courant maximal du deuxième chargeur est de 50A.

Après l'échange des données entre les chargeurs, supposant que la charge demande un courant de 99A, le premier chargeur doit délivrer un courant de charge égale à 66A;

$$I_{ch1} = \frac{100}{100 + 50} \times 99 = 66A$$

Avec :

I_{ch1} : Le courant de charge de premier chargeur.

Et le deuxième chargeur fournit un courant de charge égale à 33A ;

$$I_{ch2} = \frac{50}{100 + 50} \times 99 = 33A$$

Avec :

I_{ch2} : Le courant de charge de deuxième chargeur.

3. Choix de bus de communication

Le choix du bus de communication est affecté par un ensemble de contraintes à savoir :

- La robustesse contre les bruits électromagnétiques car les chargeurs travaillent dans un milieu industriel.
- aucune trame ne peut être perdue, car il peut engendrer le dysfonctionnement du système.
- Fonctionnement multi-maîtres. (Chaque chargeur peut communiquer avec un autre sans intervention des autres chargeurs).

- le nombre des chargeurs dans le bus doit être indifférent.
- Le transfert des données nécessaires pour chaque itération ne doit pas dépasser 10 ms.
- la distance doit être dans l'ordre d'une dizaine de mètres.

3.1. SPI (Serial Peripheral Interface)

La liaison SPI est un bus pour la transmission synchrone de données série entre un maître et un ou plusieurs esclaves (en théorie, il n'y a pas de limitations dans le nombre d'esclaves). La transmission a lieu en Full Duplex, SPI peut être configuré pour fonctionner à un débit supérieure à 10 Mb / s. [1']

Le schéma suivant illustre le bus SPI maître avec trois esclaves indépendants :

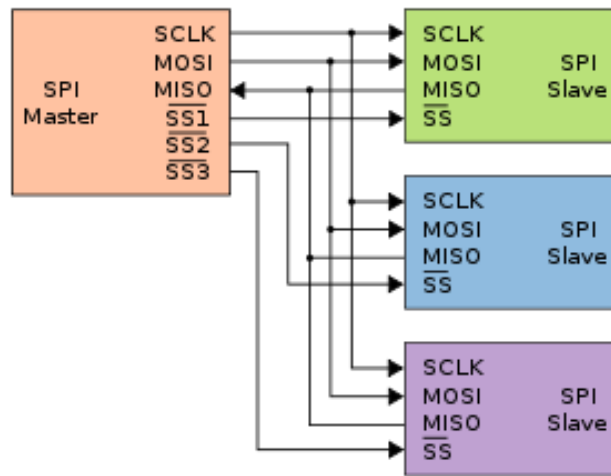


Figure 13 : Bus SPI maître et trois esclaves indépendants.

Les avantages :

- ✓ Communication Full duplex.
- ✓ Débit assez important par rapport aux autres communications série.
- ✓ Flexibilité du nombre de bits à transmettre ainsi que du protocole en lui-même.
- ✓ Simplicité de l'interface matérielle.
- ✓ Aucun arbitre nécessaire car aucune collision possible.
- ✓ Les esclaves utilisent l'horloge du maître et n'ont donc pas besoin d'oscillateur propre. [1']

Les inconvénients :

- ✓ Monopolise plus de broches d'un boîtier.
- ✓ Aucun adressage possible, il faut une ligne de sélection par esclave.
- ✓ Le protocole n'a pas d'acquittement. Le maître peut parler dans le vide sans le savoir.
- ✓ Ne s'utilise que sur de courtes distances (sur le même boîtier).
- ✓ structure maître-esclave. [1']

3.2. Bus I²C (Inter-Integrated Circuit)

Le bus I²C a été défini pour interconnecter des composants placés sur une même carte. Il n'a pas de robustesse vis à vis des perturbations, puisque le retour se fait par la masse. Son emploi est très risqué de carte à carte, à cause des problèmes de mode commun. [2']

Les avantages :

- ✓ Utilisation de 2 lignes seulement pour transmettre les informations.
- ✓ Les données peuvent circuler dans les deux sens sur le bus.
- ✓ Le bus est multi-maître.
- ✓ Chaque équipement relié au bus, dispose d'une adresse codée sur 7 bits, soit une possibilité de connecter 128 équipements.
- ✓ Les composants programmables récents comprennent des fonctions permettant de gérer le protocole I2C. [3]

Les inconvénients :

- ✓ Utilisé pour la communication interne.
- ✓ La moitié des données envoyées sont "utiles". Le reste, ce sont des adresses d'esclaves, des conditions et signaux divers de contrôle de la communication.
- ✓ Le principe de dialogue série est complexe et difficile à s'approprier.
- ✓ Le bus limite le débit et ne permet pas des applications dans lesquelles la vitesse de transmission est importante. (100Kbits maximum, 400Kbits sur des équipements récents). [3]

3.3. L'Interface RS485

L'interface RS485 est une spécification électrique pour des systèmes multipoints qui utilisent des lignes différentielles (la donnée est constituée de 2 tensions d'état contraire sur 2 fils séparés).

Une liaison RS485 peut avoir jusqu'à 32 modules. Chaque module doit avoir une impédance d'entrée de 12kOhms. Si on utilise des récepteurs haute impédance, on peut en connecter jusqu'à 256 sur une même ligne RS485. [3']

Longueur et Débit :

La longueur peut aller jusqu'à 1200 mètres et peut transférer des données jusqu'à 10Mbps mais pas les deux à la fois. Sur 1200 mètres, on peut transférer 90kbps. Sur 100 mètres, on peut arriver à 1Mbps. Pour atteindre 10Mbps, la longueur ne doit pas dépasser 15 mètres. Si on souhaite créer une ligne plus longue, il faut utiliser des répéteurs qui régénèrent le signal et débutent une nouvelle ligne. [3']

Les avantages :

- ✓ L'immunité électromagnétique est assurée.
- ✓ Câblage réduit.
- ✓ Ordre des nœuds indifférent.
- ✓ Langue distance.
- ✓ Vitesse important sur des distances de dixième de mètre.

Les inconvénients :

- ✓ structure maître-esclave.

3.4. Bus CAN (Controller Area Network)

Le bus CAN (Controller Area Network) est un bus système série très répandu dans beaucoup d'industries, notamment l'automobile. CAN est un bus de données série bidirectionnel half-duplex. [1']

Longueur et Débit :

La figure ci-après montre l'effet de la longueur sur le débit, plus la longueur de bus augmente plus le débit diminue.

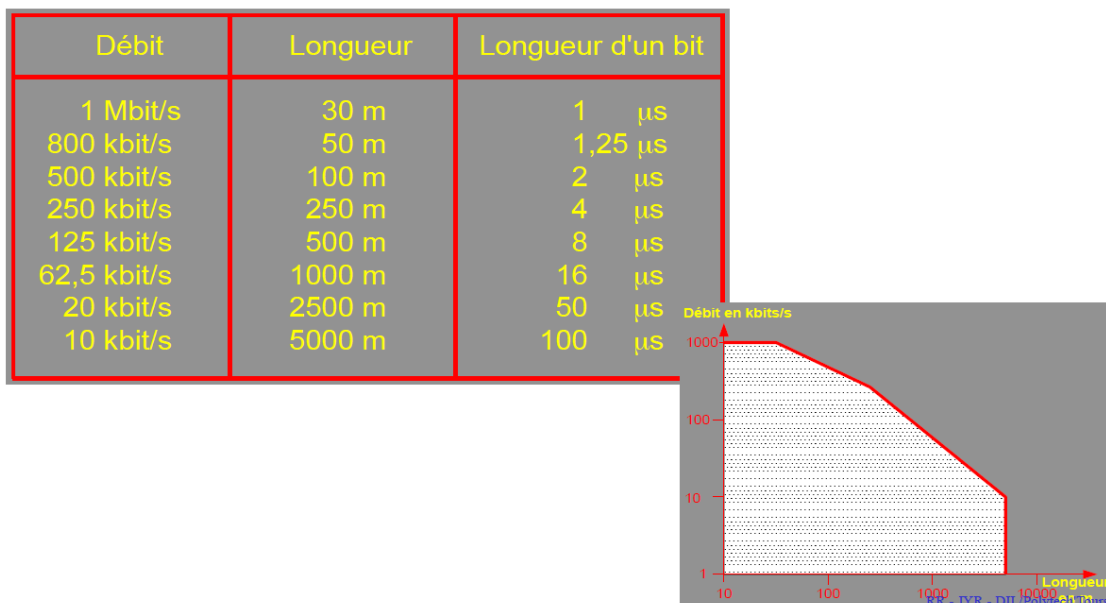


Figure 14 : Longueur de bus et Débit.

Les avantages :

- ✓ L'immunité électromagnétique est assurée.
- ✓ Configuration simple.
- ✓ Langue distance.
- ✓ Câblage réduit.
- ✓ Ordre des nœuds indifférent.
- ✓ Fonctionnement multi-maître. [4]

Les inconvénients :

- ✓ L'ensemble des nœuds est affecté en cas de défaut.
- ✓ Une défaillance est plus délicate à diagnostiquer.
- ✓ Outils de diagnostic et de maintenance spécialisés. [4]

➤ **Bus choisi :**

Parmi les quatre bus précités, et en analysant les avantages et les inconvénients de chacun d'eux, le meilleur choix est posé sur le bus CAN parce qu'il répond mieux aux critères prédéfinis plus haut.

4. Données de communication

Après avoir analysé attentivement les organigrammes existants du fonctionnement du chargeur et pour optimiser les données transmises, nous avons choisi les données illustrées dans le tableau 3.

Donnée	Description
Courant maximum du chargeur	Représente la puissance du chargeur puisque la tension est fixe et presque égale à 48 V. ce courant est utilisé pour calculer le pourcentage de courant de charge qu'il faut assurer.
Courant fournit à la charge	Utilisé pour calculer le courant qu'il doit fournir à la charge.

Tableau 3 : Les données de communication.

5. Organigramme de gestion du parallélisme

Nous avons proposé plusieurs solutions et plusieurs formes de l'organigramme qui gère la communication entre les chargeurs et après une analyse profonde de chaque proposition toute en respectant les recommandations de l'encadrant et du chef de projet, on s'est met d'accord sur l'organigramme final dont son diagramme d'état est représenté par la figure suivante :

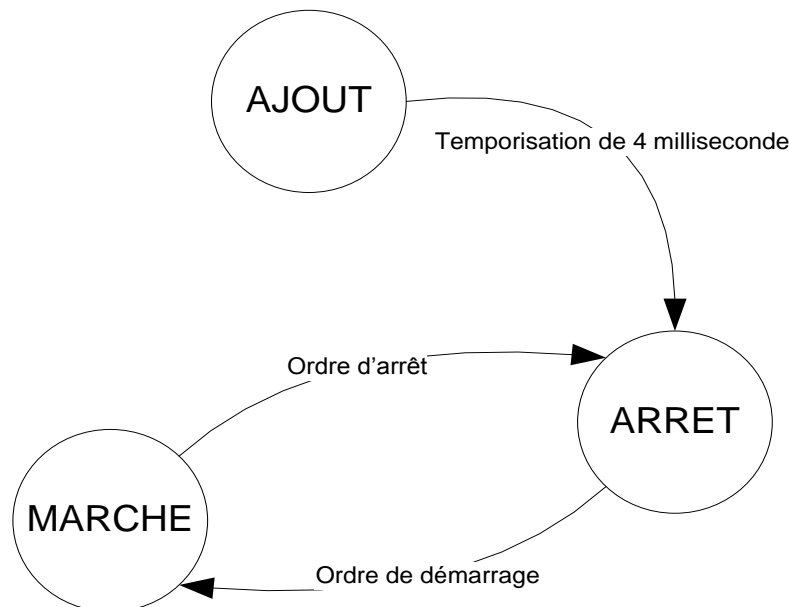


Figure 15 : L'organigramme d'état.

Dans notre organigramme on distingue trois principaux états:

- L'état «AJOUT » : elle assure l'ajout du chargeur au réseau.
- L'état «ARRET » : la partie commande est en marche et la partie puissance du chargeur est arrêtée. Au niveau de cet état l'utilisateur peut ajouter d'autres chargeurs au réseau.
- L'état «MARCHE » : les deux parties (partie commande et partie puissance) du chargeur sont en marche, le chargeur dans cet état fait la régulation sur son pourcentage de courant demandé par la charge.

5.1. L'état AJOUT

Au début le chargeur envoie un message de demande d'information sur le réseau, et après avoir reçu le message de réponse de chaque chargeur du réseau, il choisit un identifiant. Ensuite, il envoie le message d'ajouter chargeur au réseau (contient son identifiant et son courant maximum) et à la fin il fait la transition à l'état ARRET. Comme il est représenté dans la figure suivante :

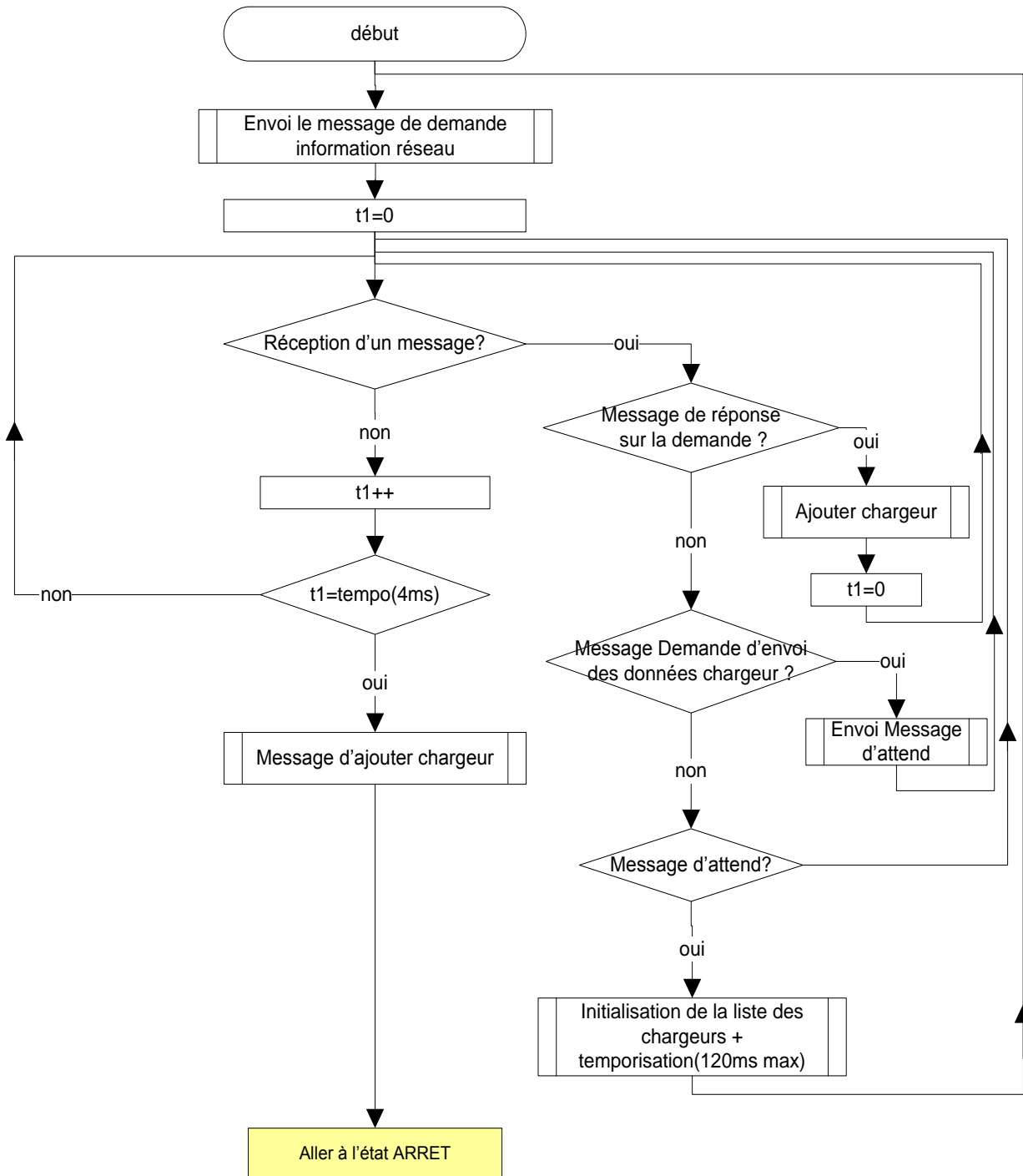


Figure 16 : L'organigramme d'ajout.

5.2. L'état ARRET

Dans cet état, l'utilisateur peut donner l'ordre de démarrage en utilisant des messages appelés "Message de Marche-Arrêt", cet ordre est applicable depuis tous les chargeurs qui appartient au réseau, en même temps le chargeur attend la réception d'un message : si c'est un message de demande d'information sur le réseau il renvoie le message de réponse et si c'est un message d'ajout chargeur, il ajoute le nouveau chargeur à sa liste. Comme montre la figure ci-dessous :

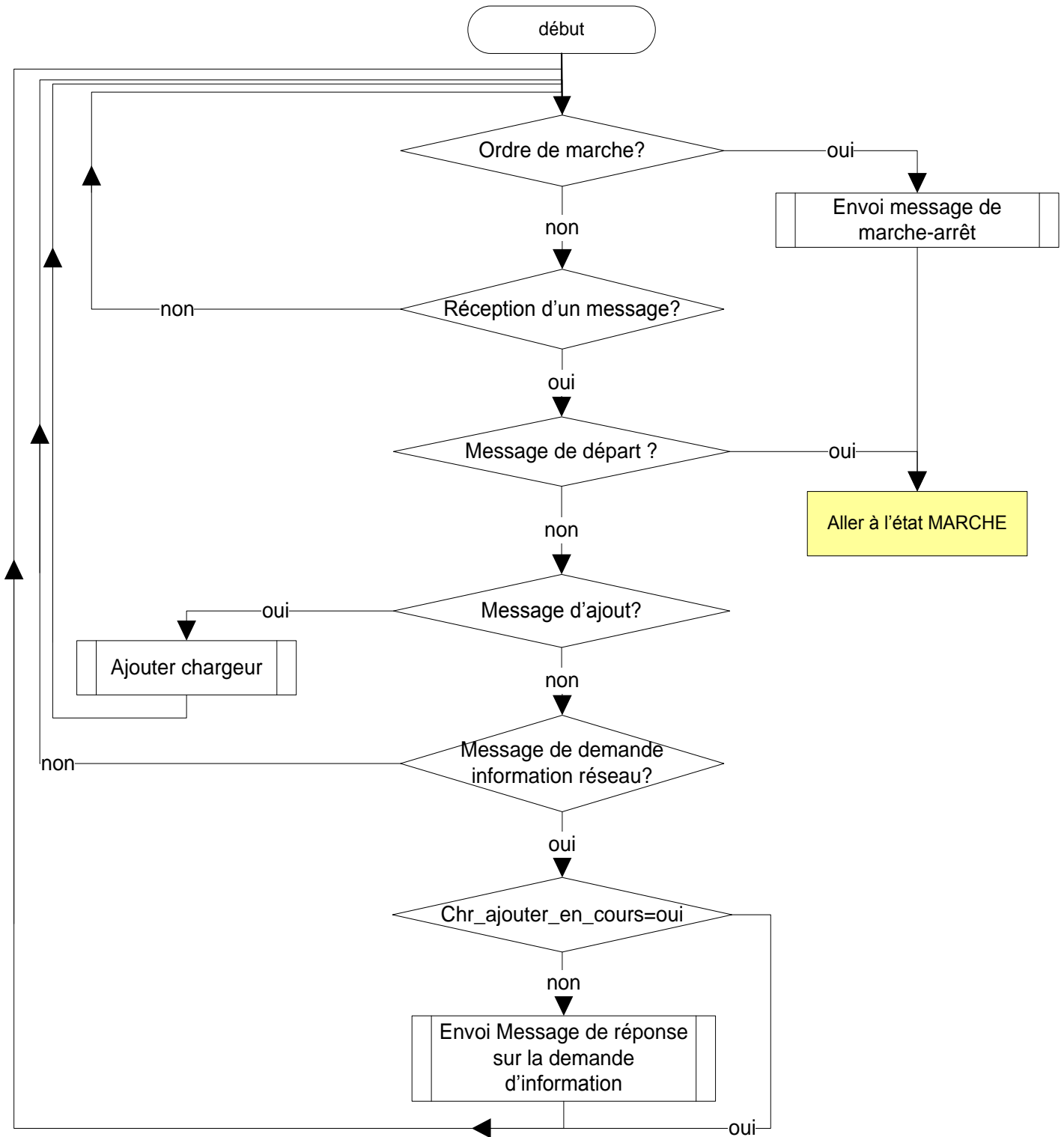


Figure 17 : L'organigramme d'arrêt.

5.3. L'état MARCHE

Dans la troisième phase le chargeur envoie chaque 5 milliseconde le message de données (son courant délivré à la charge) et en même temps attend la réception des messages des autres chargeurs pour calculer son nouveau courant de charge. Cette démarche est illustrée par la figure suivante :

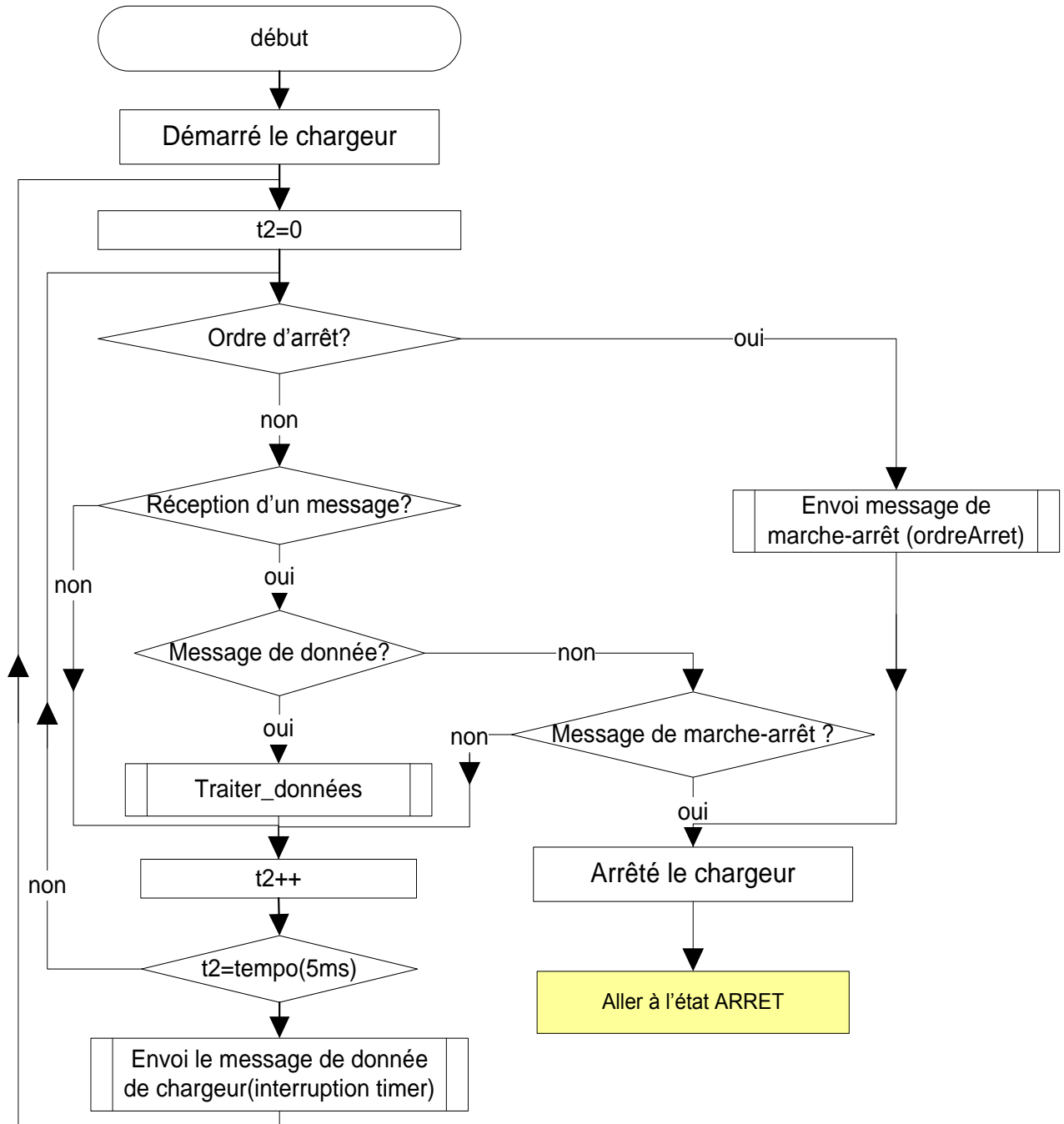


Figure 18 : L'organigramme de marche.

5.4. Les fonctions utilisées

Dans cette partie on va illustrer l'organigramme associé à chaque fonction.

5.4.1. Les variables utilisés

Le tableau suivant donne les explications des variables qu'on va utiliser dans les fonctions.

Les variables	Description
Tab_chr[]	Tableau contient les identifiants des chargeurs du réseau.
Nbr_chr	Nombre des chargeurs dans le réseau.
tab_courant_charge []	Tableau des courants des charges.
Tab_courant_max[]	Tableau des courants maximums.
Tab_elim[]	Tableau compteur pour éliminer un chargeur qui est déconnecté du réseau.
courant_max_tot	La somme des courants maximums des chargeurs.
courant_charge_tot	Le courant total demandé par la charge.
Tab_envoi[]	Tableau contient le message à émettre.
Tab_recep[]	Tableau contient le message reçu.
Chr_ajouter_en_cours	Variable indique s'il y a un chargeur à l'état d'ajout.
Id	A la fin de la boucle il contient le plus grand identifiant des chargeurs.
nombre_chr_reste	Nombre des chargeurs accessibles dans le réseau – nombre chargeur ajouté.
MES_ATTEND, MES_AJOUTER, MES_REPONSE, MES_DONNEE, MES_DEMANDE_INFO, MES_MARCHE_ARRET.	Des constantes indiquant le type du message.

Tableau 4 : Table des variables.

5.4.2. Les fonctions de l'état AJOUT

- La fonction : Envoi Message de réponse sur la demande d'information.

L'organigramme de la fonction d'envoi de message de "demande d'information du réseau" est représenté dans la figure 19.

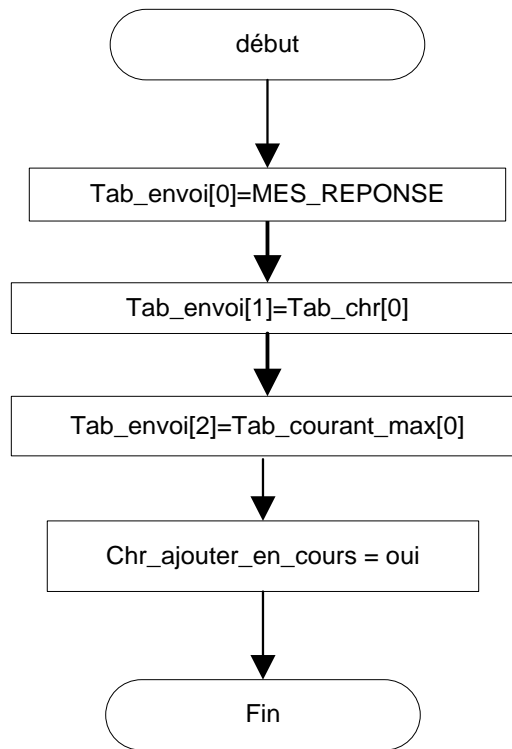


Figure 19 : L'organigramme d'Envoi Message de réponse sur la demande d'information.

➤ La fonction : Ajouter chargeur.

La figure suivante montre comment ajouter un chargeur à la liste.

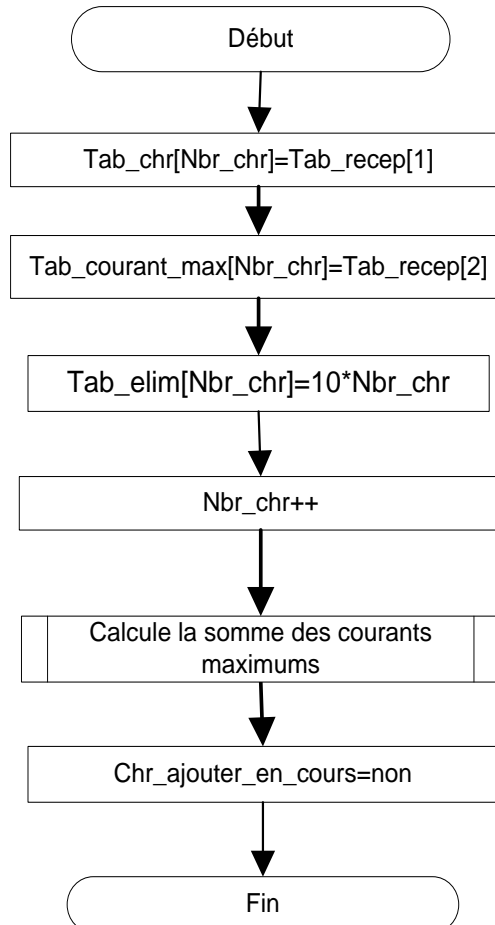


Figure 20 : L'organigramme d'Ajouter chargeur.

➤ La fonction : Envoi Message d'attente

Lorsque deux chargeurs s'ajoutent au même temps, il faut retarder l'un par rapport à l'autre. La figure ci-dessous montre le message qui permet de faire ce retard.

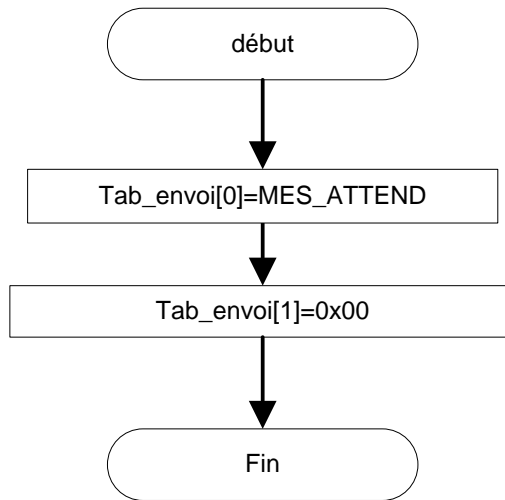


Figure 21 : L'organigramme d'Envoi Message d'attente.

➤ La fonction : Initialisation de la liste des chargeurs et temporisation

La figure suivante représente la fonction qui permet de faire l'initialisation de la liste des chargeurs et la temporisation.

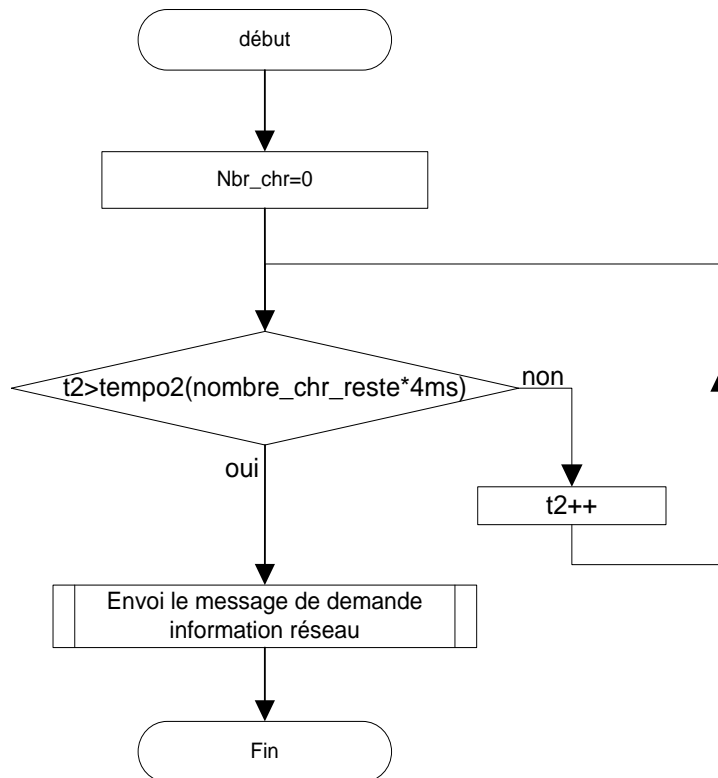


Figure 22 : L'organigramme d'Initialisation de la liste des chargeurs et temporisation.

➤ La fonction : Message d'ajout chargeur.

L'organigramme qui fait le choix de l'identifiant du chargeur et envoie le message "Ajouter chargeur" est représenté dans la figure ci-après.

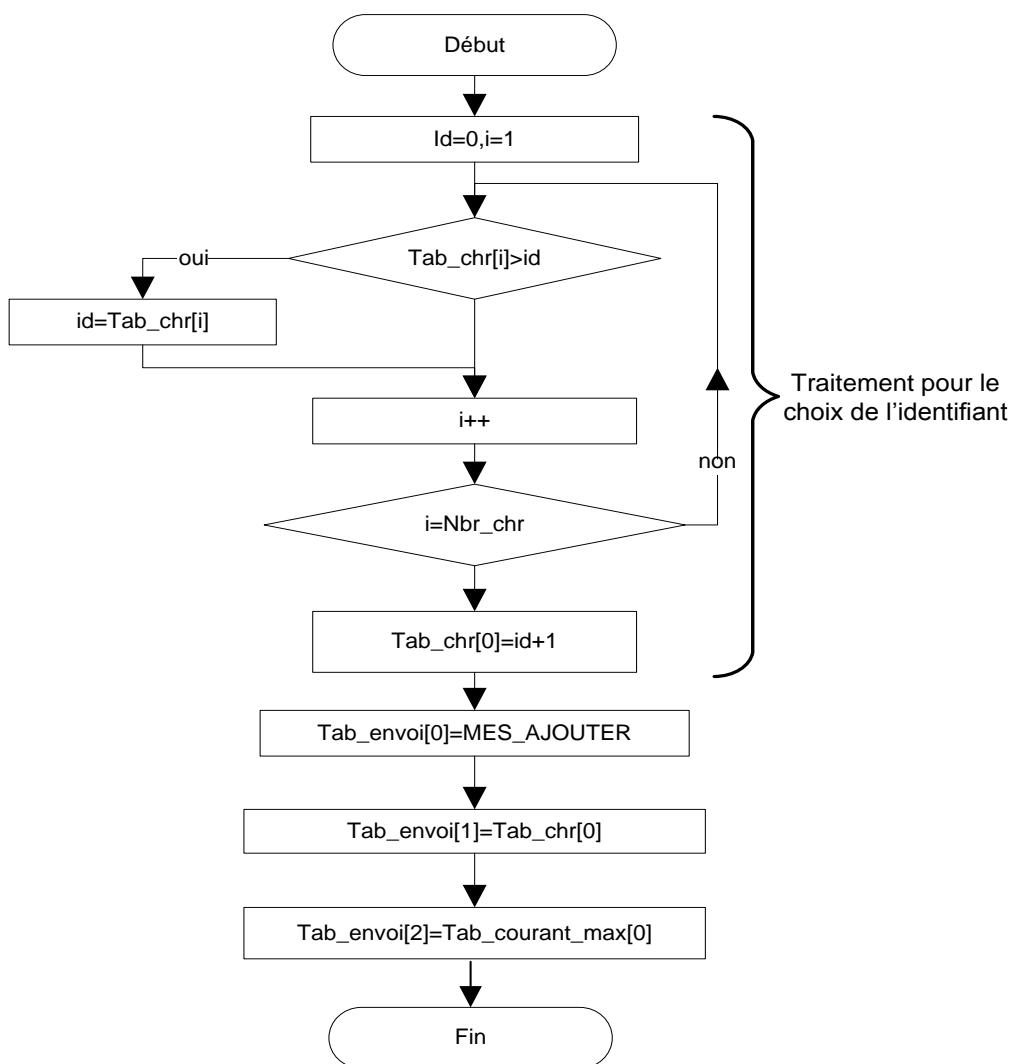


Figure 23 : L'organigramme d'Envoi message d'ajout chargeur.

5.4.3. Les fonctions de l'état ARRET

- La fonction : Envoi message de marche-arrêt.

La figure ci-dessous montre l'étape d'envoi d'un message de Marche-Arrêt.

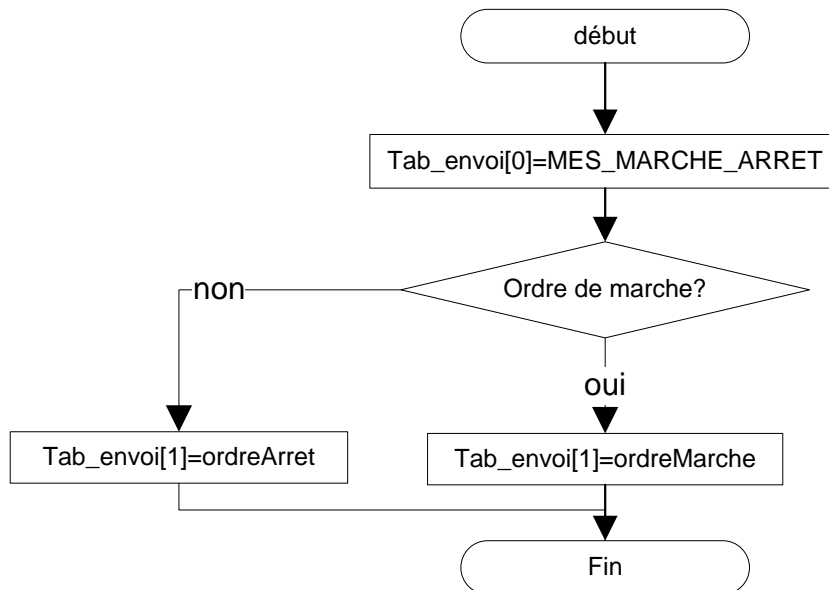


Figure 24 : L'organigramme d'Envoi message de marche-arrêt.

- La fonction : Envoi message de réponse sur la demande d'information.

Pour répondre au message de demande d'information, on envoie les informations du chargeur comme le montre la figure suivante :

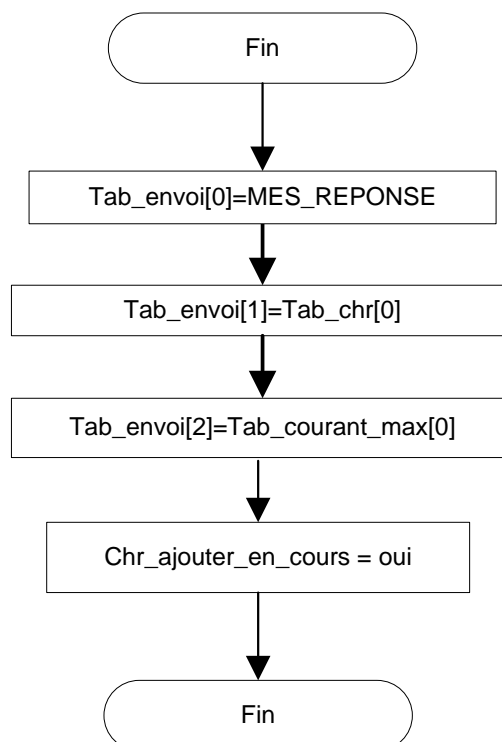


Figure 25 : L'organigramme d'Envoi message de réponse sur la demande d'information.

5.4.4. Les fonctions de l'état MARCHE

- La fonction : Envoi le message de donnée du chargeur.

La figure suivante montre le message d'envoi de données chargeur :

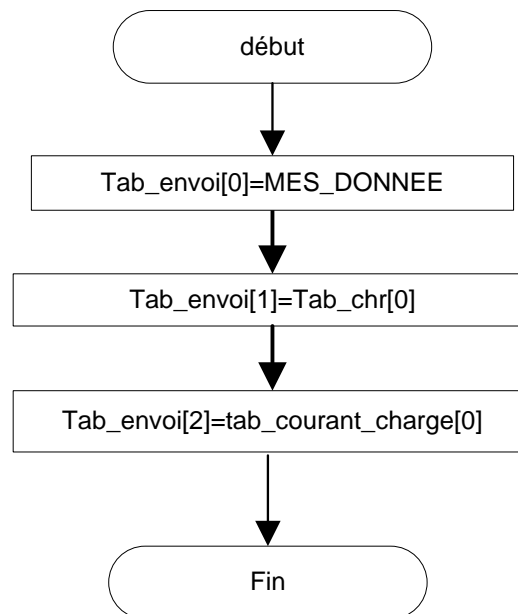


Figure 26 : L'organigramme d'Envoi le message de donnée du chargeur.

- La fonction : Traiter données.

La figure 27 montre l'organigramme de traitement des données :

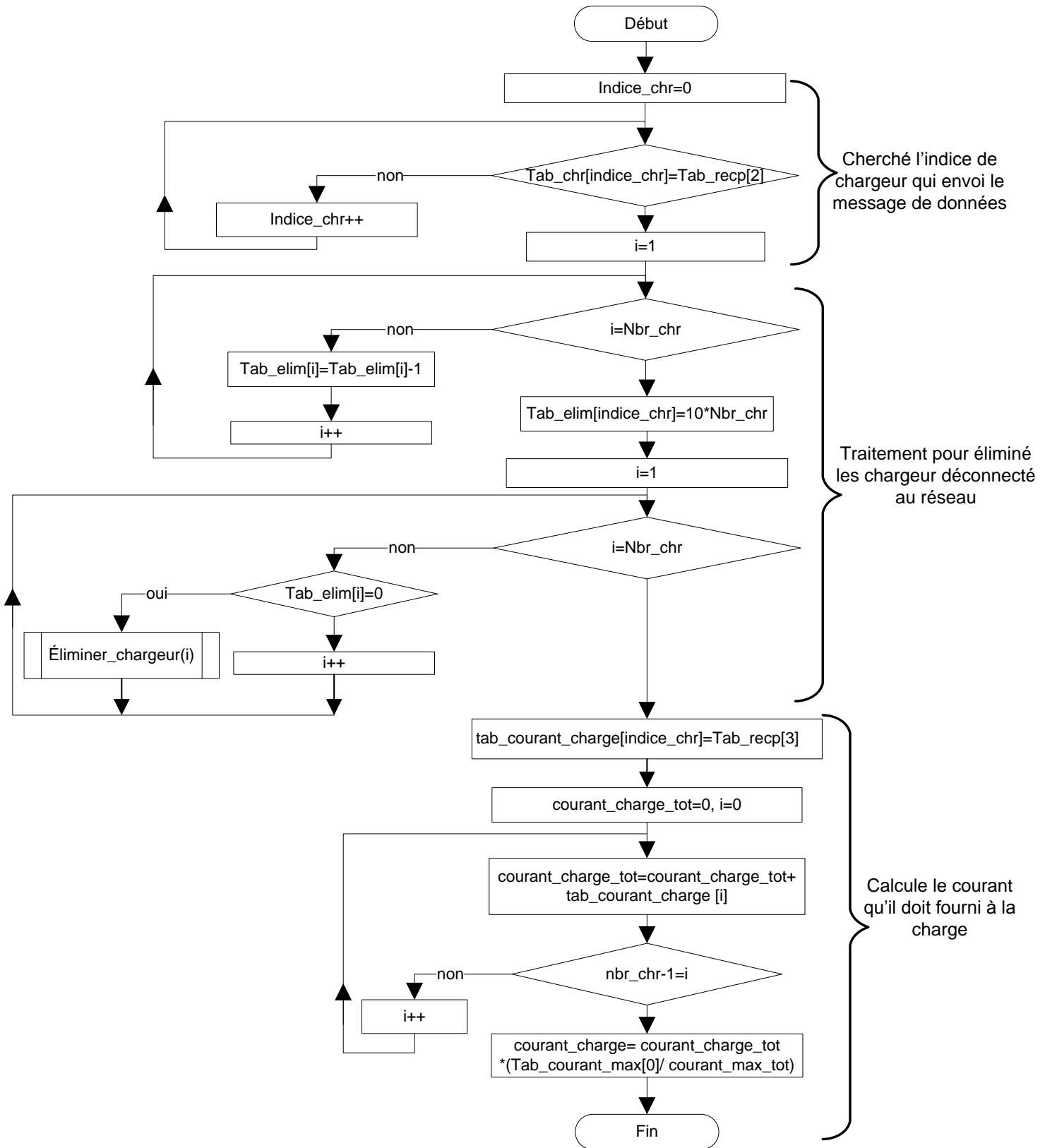


Figure 27 : L'organigramme de traitements données.

➤ La fonction : Élimination chargeur.

La façon d'éliminer un chargeur est représentée dans la figure 28.

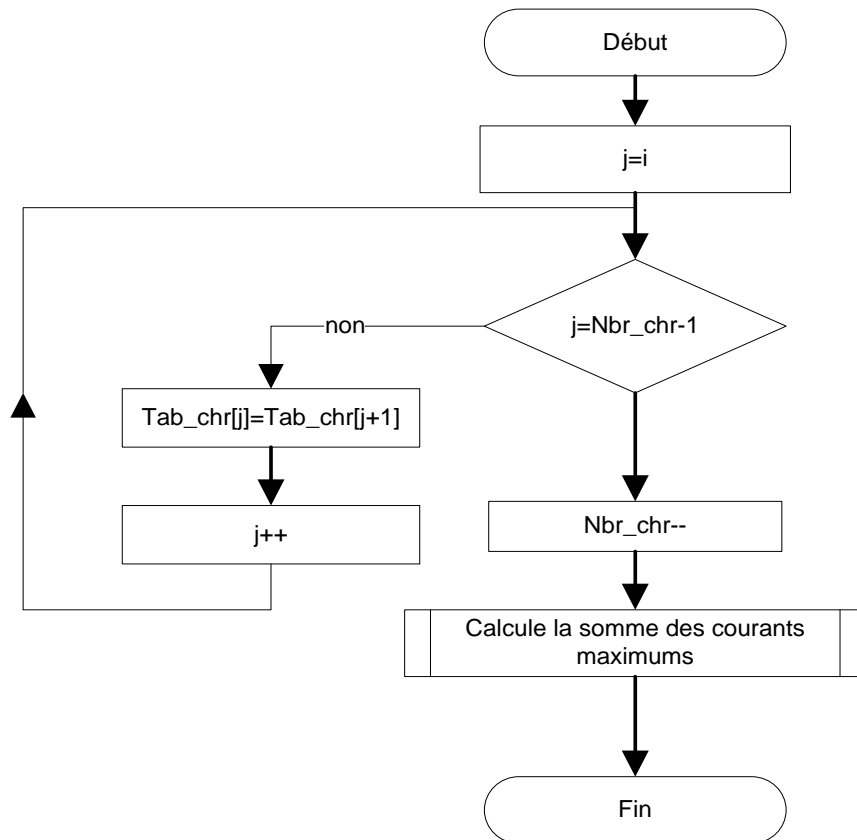


Figure 28 : L'organigramme d'Élimination chargeur.

La même chose pour les tableaux suivants: Tab_courant_max[], Tab_courant_charge[], Tab_elim[].

- La fonction : Calcul de la somme des courants maximaux

La figure ci-dessous montre l'organigramme qui permet de calculer la somme des courants maximaux des chargeurs :

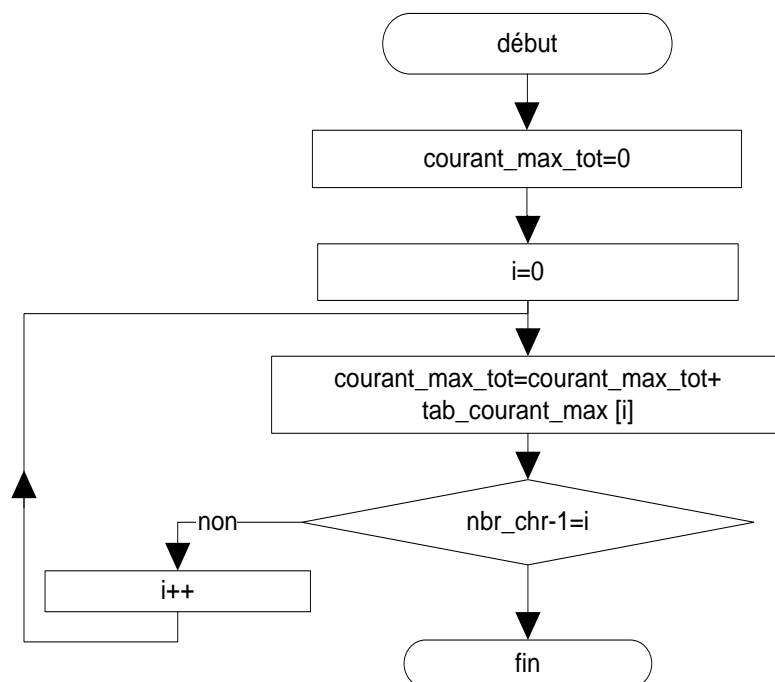


Figure 29 : L'organigramme de Calcul de la somme des courants maximaux.

5.5. L'étude des temporisations

Dans les conditions où l'exploitation de bus CAN est maximale, autrement dit avec 30 chargeurs, et une taille de données de 64 bits, nous avons choisi de travailler avec une vitesse de 800kbps, et nous pouvons déduire les résultats suivants:

- ✓ La longueur de la trame est de 111bit (sans les stuffing).
- ✓ Si on est dans le cas où tous les bits stuffing sont utilisés donc la longueur de la trame est de $111 + (101/4)$ soit 136 bits.
- ✓ Donc le temps pour l'envoi d'une trame est de $136 * 1.25$ soit 170 μ s.
- ✓ La durée maximale d'un message de surcharge ou d'un message d'erreur active est de $23 * 1.25$ soit 28.75 μ s.
- ✓ La durée maximale d'un message d'erreur active est de $23 * 1.25$ soit 28.75 μ s.

➤ Remarque :

Chaque chargeur doit être capable de recevoir tous les messages pour éviter les trames de surcharge.

Le bus doit avoir une bonne qualité de transmission afin de minimiser les messages d'erreur.

➤ Temporisation 1 : le temps pour recevoir un message de réponse.

- ✓ Message de réponse (170 μ s).
- ✓ Autre message sur le bus (170 μ s).
- ✓ Message de surcharge (28.75 μ s).
- ✓ Message d'erreur active (28.75 μ s).

L'estimation moyenne est de 4 ms.

➤ Temporisation 2 : le temps pour ajouter un chargeur (réception de tous les messages de réponse).

Le temps attribué à la réception de 30 messages de réponse est estimé à $30 * 4$ ms soit 120 ms

➤ Temporisation 3 : le temps pour recevoir tous les messages de données.

L'estimation du temps attribué à la réception de tous les messages de données est évalué à $170 \mu s * 30$ soit 5100 μ s.

6. Les trames de communication

Dans cette partie on a illustré les trames de communication qu'on a créé pendant la phase de conception de l'organigramme de communication.

Les valeurs des champs des messages sont choisies selon la priorité de message à accès au bus.

➤ Message de demande information sur le réseau

Chaque nouveau chargeur connecté au réseau envoie ce message pour que les autres chargeurs lui communiquent leurs informations (identifiant et le courant maximal).

Type de message: message de demande information sur le réseau(010)	ID(0x00)
--	----------

Figure 30 : Message de demande information sur le réseau.

- Message de réponse sur la demande d'information réseau

Chaque chargeur qui reçoit un message de demande information renvoie ce message.

Type de message: Message de réponse sur la demande d'information réseau(100)	Identifiant de chargeur émetteur(1 octet)	Courant maximum (4 octet)
--	---	---------------------------

Figure 31 : Message de réponse sur la demande d'information réseau.

- Message d'ajout d'un chargeur

Après la réception du message de réponse de tous les chargeurs, le chargeur envoie ce message pour s'ajouter au réseau.

Type de message: message d'ajout d'un chargeur(001)	Identifiant de chargeur émetteur(1 octet)	Courant maximum (4 octet)
---	---	---------------------------

Figure 32 : Message d'ajout d'un chargeur.

- Message de données

Ce message s'envoie en permanence par les chargeurs pour que chaque chargeur calcule le courant qu'il doit fournir à la charge.

Type de message: message de donnée(110)	Identifiant de chargeur émetteur(1 octet)	courant de charge délivré par le chargeur émetteur(4 octet)
---	---	---

Figure 33 : Message de données.

- Message d'attente

Ce message traite le problème de deux chargeurs qui s'ajoute en même temps. Dans ce cas l'un parmi eux envoie ce message pour retarder l'ajout de l'autre.

Type de message: message d'attend(011)	Nombre chargeur ajouté(1 octet)
--	---------------------------------

Figure 34 : Message d'attente.

- Message de Marche-Arrêt

On a construit ce message pour que tous les chargeurs démarrent ou s'arrêtent en même temps.

Type de message: Message de Marche-Arrêt(000)	Type de l'ordre: Marche ou Arrêt
---	----------------------------------

Figure 35 : Message de Marche-Arrêt.

7. Microcontrôleur

La carte de commande du chargeur comme le montre la figure ci-dessous dispose de deux microcontrôleurs STM32F107VC et STM32F407VG. Ce dernier assure le fonctionnement du chargeur et l'autre fait la gestion des communications du chargeur avec l'extérieur, donc nous allons travailler sur le microcontrôleur STM32F107VC.

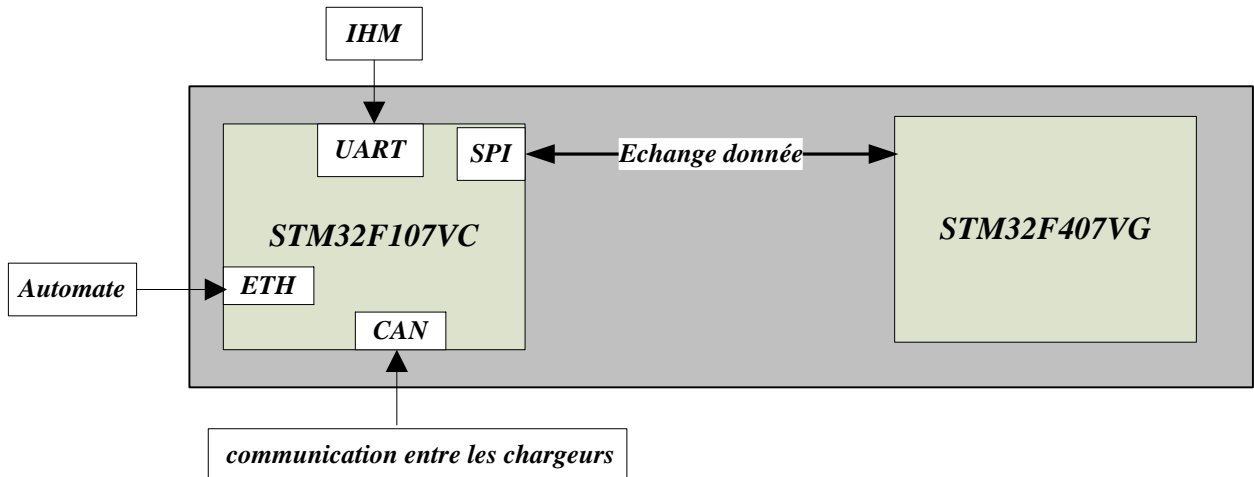


Figure 36 : La Carte de Commande du chargeur.

7.1. Série STM32F1

La famille STM32 de microcontrôleurs 32 bits Flash est basée sur l'exceptionnel noyau ARM Cortex™ M3 - un noyau spécialement développé pour les applications intégrées. La famille STM32 bénéficie des améliorations architecturales du Cortex-M3, notamment le jeu d'instructions Thumb-2 pour améliorer la performance avec une meilleure densité de codes, une réponse nettement plus rapide aux interruptions, le tout associé à une très faible consommation.

- ✓ Excellent comportement en temps réel.
- ✓ Exceptionnelle efficacité énergétique.
- ✓ Périphériques supérieurs et innovants.
- ✓ Intégration maximale.
- ✓ Compatibilité broche à broche, périphérique et logicielle au sein de la famille. [4']

7.2. Microcontrôleurs série STM32F107

Les processeurs STM32F107 de STMicroelectronics avec noyau Cortex M3 présentent des vitesses allant jusqu'à 72 MHz. La série STM32 se compose de microcontrôleurs 32 bits ARM avec des "Timers" 16 bits, des interfaces CAN, ADC, USB 2.0 pleine vitesse/OTG, Ethernet MAC et interface de communication (I2C, SPI, UART). Le microcontrôleur Flash 32 bits STM32 ARM Cortex-M3 fonctionne à basse tension et à faible consommation, tout en disposant de capacités en temps réel. L'architecture du microcontrôleur comprend une plate-forme STM32 facile à utiliser, qui offre trois boîtiers différents. Ces dispositifs intégrés fonctionnent dans les applications telles que les entraînements de moteur, les imprimantes et les scanners, les alarmes et les applications industrielles.

La figure suivante montre l'architecture interne de STM32F107:

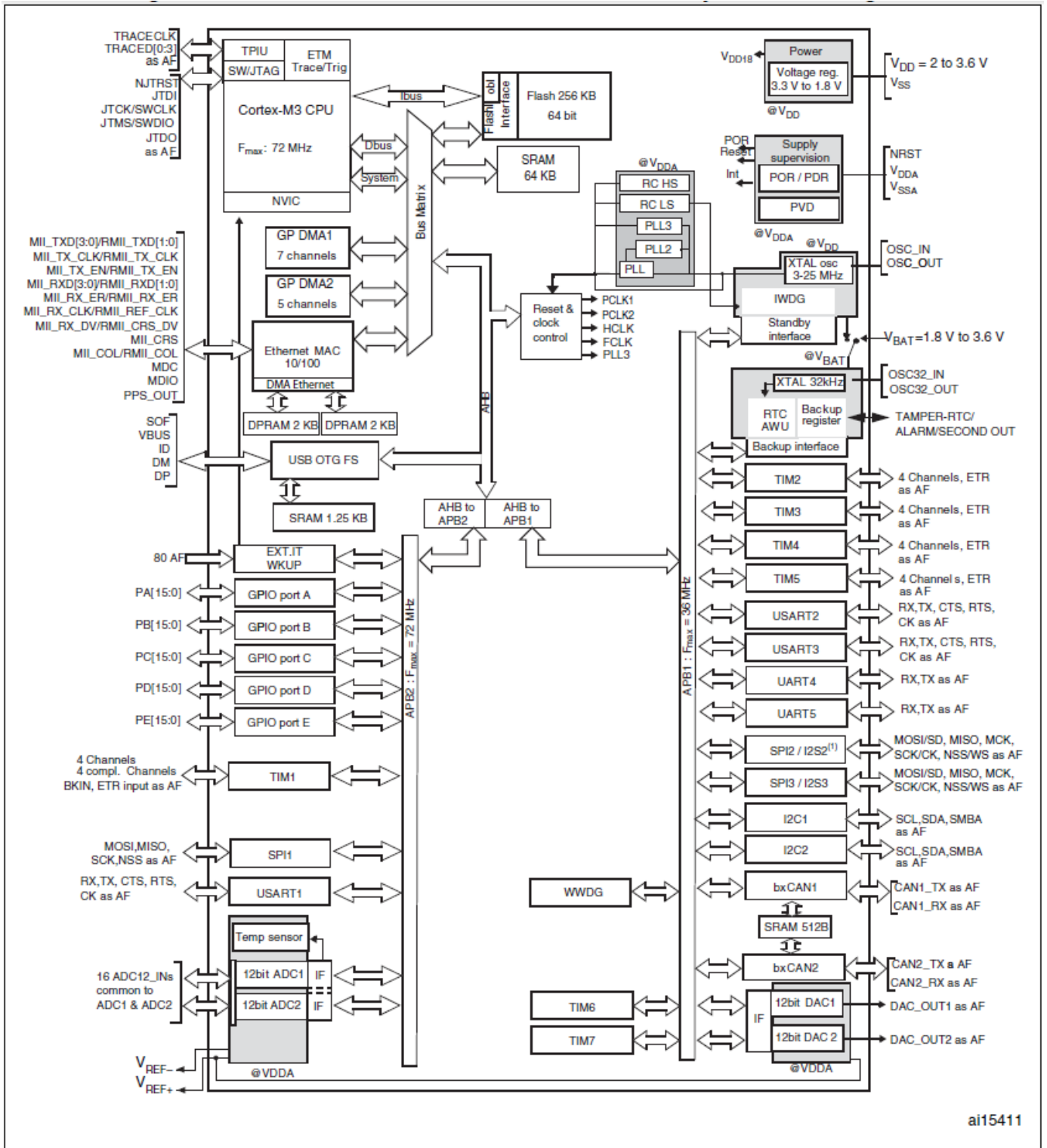


Figure 37 : Architecture interne de STM32F107. [1]

7.3. Le Cortex M3 :

Le cœur Cortex-M3 est basé sur l'architecture ARMv7-M et il est structuré de façon hiérarchique. Le noyau contient la CPU (appelé CM3Core) avec des composants périphériques supplémentaires tel que le contrôleur d'interruptions, les unités de protection de la mémoire et les circuits de débogage.

Le cœur Cortex-M3 dispose des propriétés suivantes:

- ✓ Processeur 32 bits avec des registres 32 bits et une interface mémoire.
- ✓ Une architecture de Harvard : il possède deux bus différents pour accéder à la mémoire contenant les instructions du programme et à la mémoire contenant les données. Ce qui augmente les performances du système. En effet les accès aux instructions et aux données du programme peuvent être exécutés en parallèle (c.à.d. en même temps).
- ✓ Un pipeline de trois étages (fetch, decode, execute) avec une prédiction spéculative pour les instructions de branchement.
- ✓ Jeu d'instruction Thumb-2 : Mélange d'instructions 16 et 32 bits pour une performance optimale avec les exigences minimales en ressource mémoire (code compact).
- ✓ Accès bit à certaines zones de la mémoire (bit-banding, bit-band regions), ce qui permet la modification d'un bit sans les cycles de lecture/écriture standards.
- ✓ Support hardware des opérations de multiplications et de divisions 32-bits.
- ✓ Contrôleur d'interruptions vectorielles imbriqué (Nested Vectored Interrupt Controller : NVIC) avec tableau de vecteurs et huit niveaux de priorité d'interruption. Les opérations de sauvegarde sur la pile (sauvegarde des registres avec les exceptions) sont réalisées de façon hardware.
- ✓ Unité de protection de la mémoire (Memory Protection Unit : MPU) pour la protection des zones mémoires (applications RTOS).
- ✓ Support de débogage. [2]

Conclusion

Nous avons abordé à travers ce chapitre, la conception du parallélisme des chargeurs qui nécessite une étude profonde afin de faire les choix convenable pour établir un protocole de communication solide. Ce protocole doit respecter tout les contraintes imposées par le cahier des charges et assurer le fonctionnement correct des chargeurs monté en parallèle.

CHAPITRE 4 : Simulation de la partie puissance des chargeurs.

Introduction

Après la conception du parallélisme des chargeurs, nous allons, au cours de ce chapitre présenté la simulation de la partie puissance du parallélisme des chargeurs en expliquant les différents étages du chargeur et finalement on va illustrer les courbes des tensions et des courants.

1. Simulation

Vu le manque d'un simulateur de bus CAN on a proposé la simulation de la partie puissance des chargeurs sur PSIM. La figure suivante représente le schéma de puissance d'un chargeur:

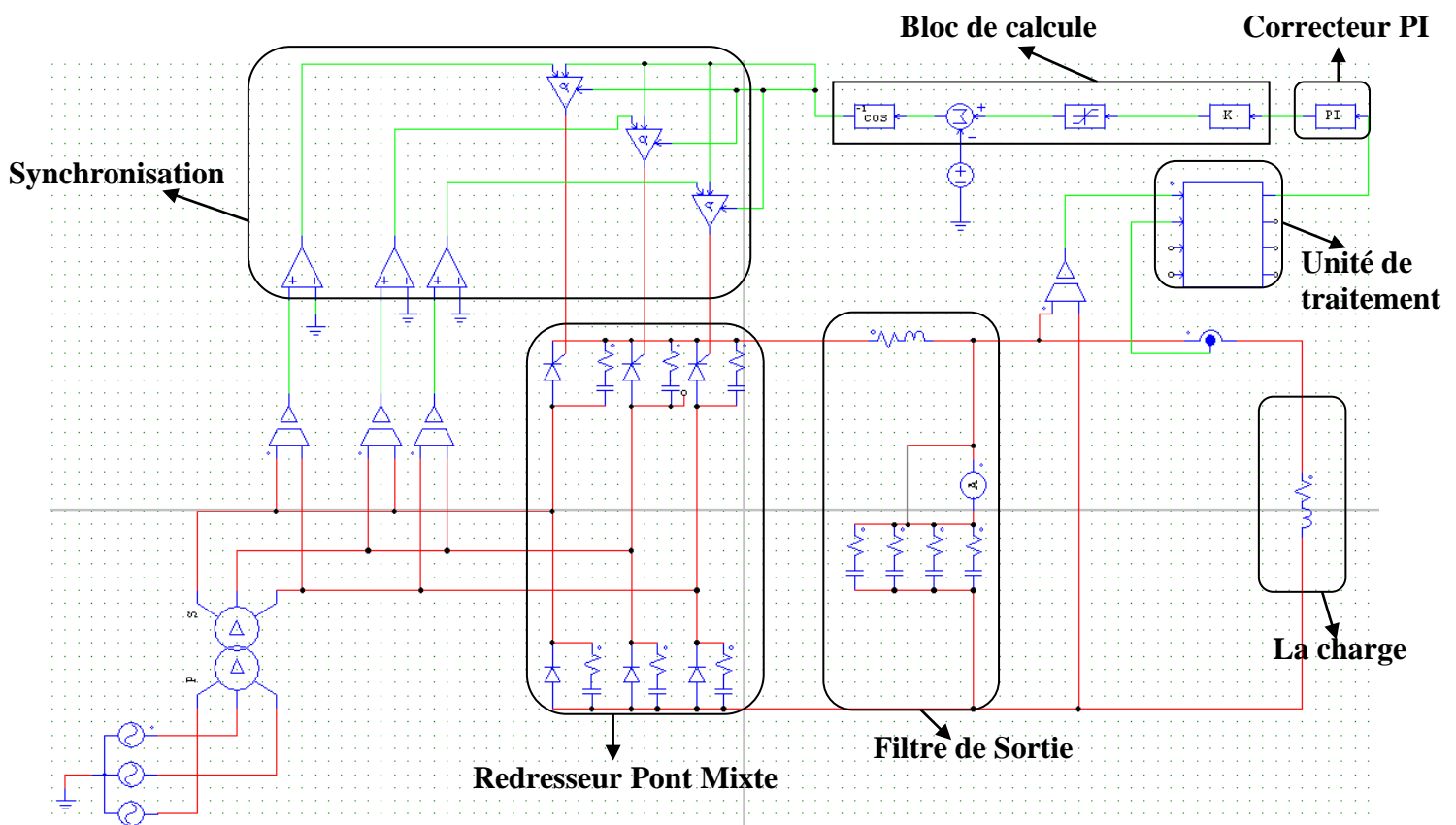


Figure 38 : Schéma de puissance d'un chargeur.

1.1. Synchronisation

Les fluctuations permanentes du réseau électrique dues aux variations de tension, de fréquence et d'angle de phase empêchent le respect des conditions de synchronisation. Pour cela, on a ajouté un bloc de synchronisation qui permet d'aboutir à un résultat satisfaisant afin d'obtenir une synchronisation effective, autrement dit, assurer la synchronisation des impulsions avec le secteur triphasé.

1.2. Bloc de calcul

Ce bloc permet de calculer l'angle de retard. La relation qui lie l'angle de retard et la valeur moyenne de la tension est:

$$U_{moy} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E(1 + \cos(\alpha)) \quad [6']$$

Avec :

α : L'angle de retard.

U_{moy} : La valeur moyenne à la sortie du redresseur.

E : La valeur efficace de la tension alternative redressée.

Donc d'après la formule précédente l'angle de retard est égale à :

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{U_{moy}}{\left(\frac{3\sqrt{6}E}{2\pi}\right)} - 1\right)$$

1.3. Unité de traitement

L'unité de traitement exécute un programme afin de baisser ou d'augmenter la tension de sortie pour atteindre la régulation du courant souhaité.

Le programme existant gère la régulation sur un pourcentage de courant seulement pour deux chargeurs, nous avons changé ce programme à fin de faire la régulation de plus de deux chargeurs comme le montre l'organigramme suivant :

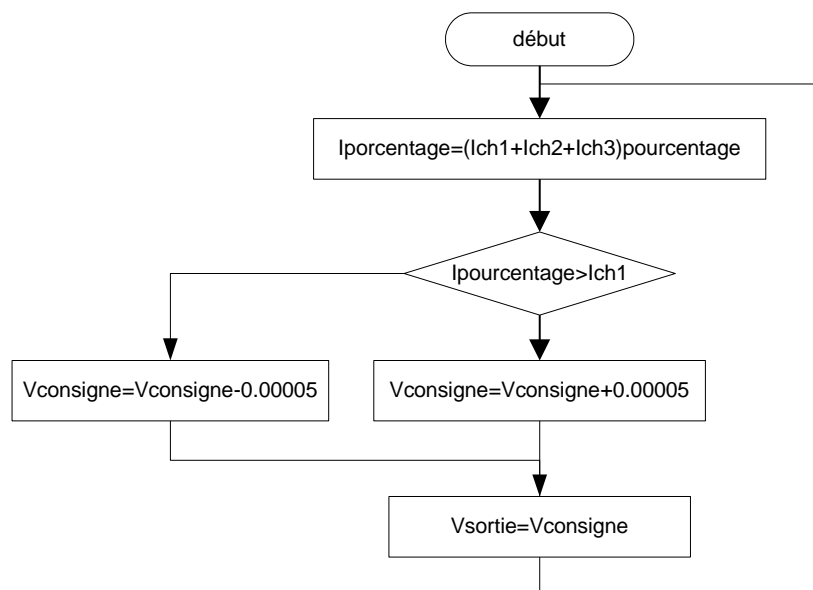


Figure 39 : Organigramme de régulation.

1.4. Correcteur PI

Le correcteur est utilisé pour rendre le système stable. Ses paramètres sont calculés on utilisant la méthode de Ziegler–Nichols.

✓ La Méthode de Ziegler-Nichols :

En 1942, Ziegler et Nichols ont proposé deux approches expérimentales destinées à ajuster rapidement les paramètres des régulateurs P, PI et PID. La première nécessite l'enregistrement de la réponse indicielle du système, alors que la deuxième demande d'amener le système en boucle fermée à sa limite de stabilité. [5']

✓ Méthode de Ziegler-Nichols en boucle fermée :

Cette méthode nécessite de boucler le système sur un simple régulateur proportionnel dont on augmente le gain jusqu'à amener le système à osciller de manière permanente (figure 40); on se trouve ainsi à la limite de stabilité du système. Après avoir relevé le gain critique K_{cr} et la période d'oscillation T_{cr} de la réponse, on peut calculer les paramètres du régulateur choisi à l'aide du tableau suivant : [5']

	K_p	T_i	T_d
Correcteur P	$K_{cr}/2$	-	-
Correcteur PI	$K_{cr}/2.2$	$T_{cr}/1.2$	-
Correcteur PI	$K_{cr}/1.7$	$T_{cr}/2$	$T_{cr}/8$

Tableau 5 : Ajustement des gains de régulateur selon la méthode de Ziegler-Nichols. [5']

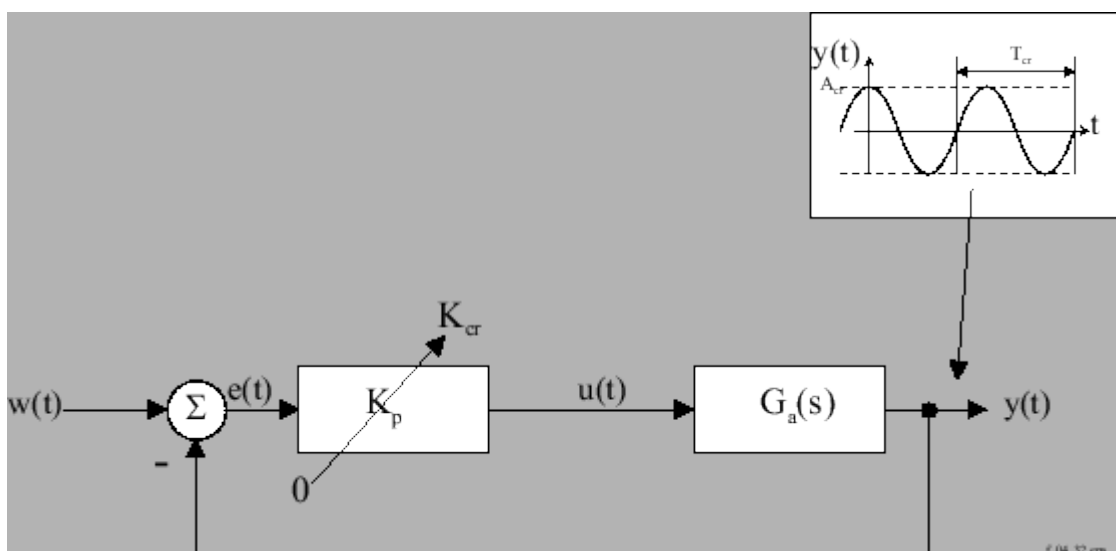


Figure 40: Mise en oscillation d'un système par contre-réaction. [5']

Les valeurs proposées par Ziegler et Nichols ont été testées dans de très nombreuses situations et il faut souligner qu'ici également elles conduisent à un temps de montée relativement court assorti d'un dépassement élevé. Cette situation n'étant pas toujours satisfaisante, on est amené à corriger légèrement les coefficients proposés et, en particulier, à diminuer le gain K_p . [5']

✓ Application :

Dans notre cas on a trouvé que $K_{cr} = 11$ et $T_{cr} = 0.2s$, donc les paramètres du correcteur est $K_p = 5$ et $T_i = 0.16s$, mais on a diminué K_p jusqu'à 1 pour avoir la stabilité.

Après avoir expliqué les différents étages du schéma de puissance du chargeur, on représente dans la figure suivante le schéma de simulation de deux chargeurs en parallèle :

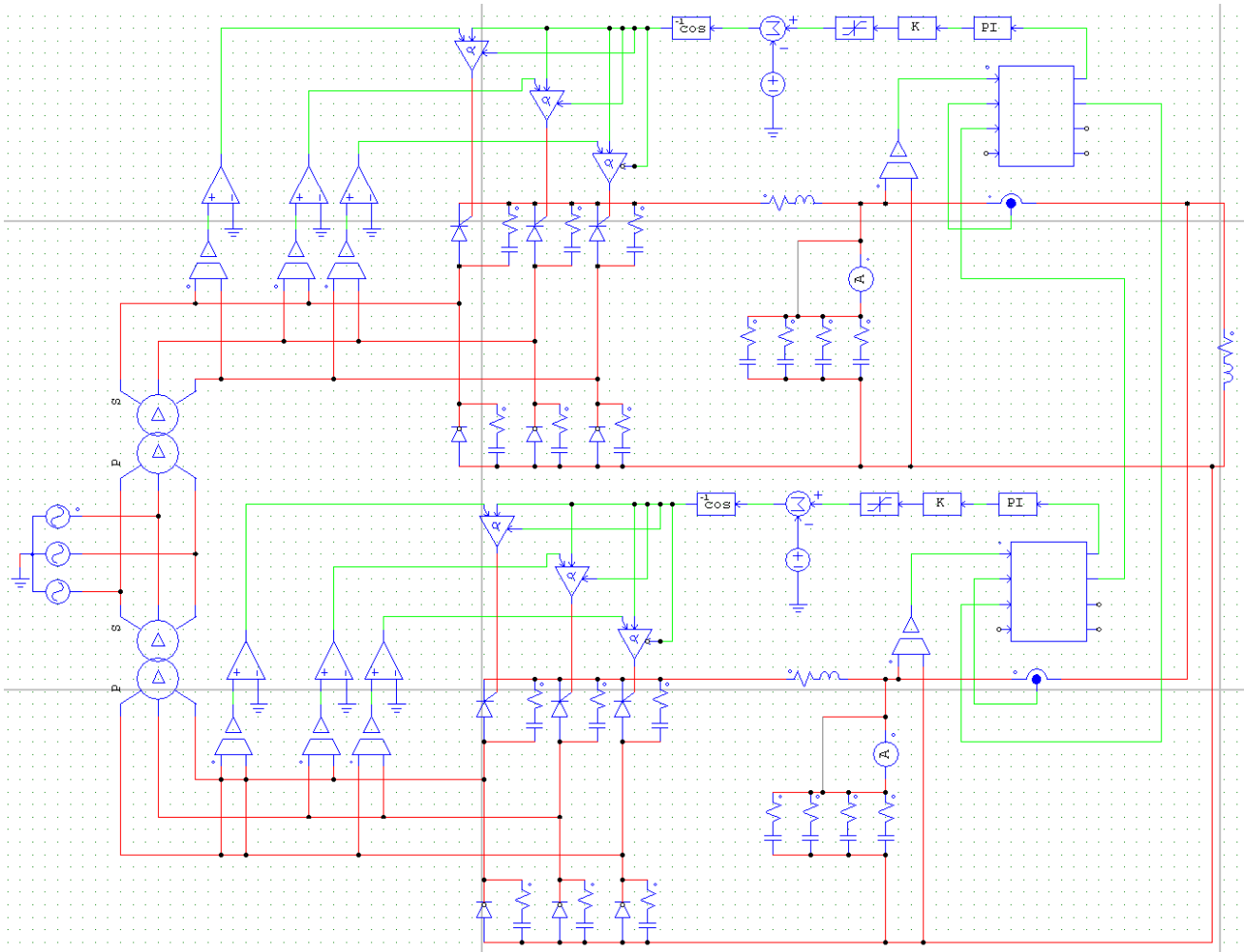


Figure 41 : Schéma de puissance de deux chargeurs en parallèle.

➤ Exemple de simulation :

Nous avons fait la simulation de trois chargeurs dont on a réglé le premier chargeur pour assurer 50% de courant demandé par la charge, le deuxième pour assuré 20% et le troisième pour fournir 30%.

Les courbes de simulation de courant et de tension des trois chargeurs sont illustrées dans la figure 42.

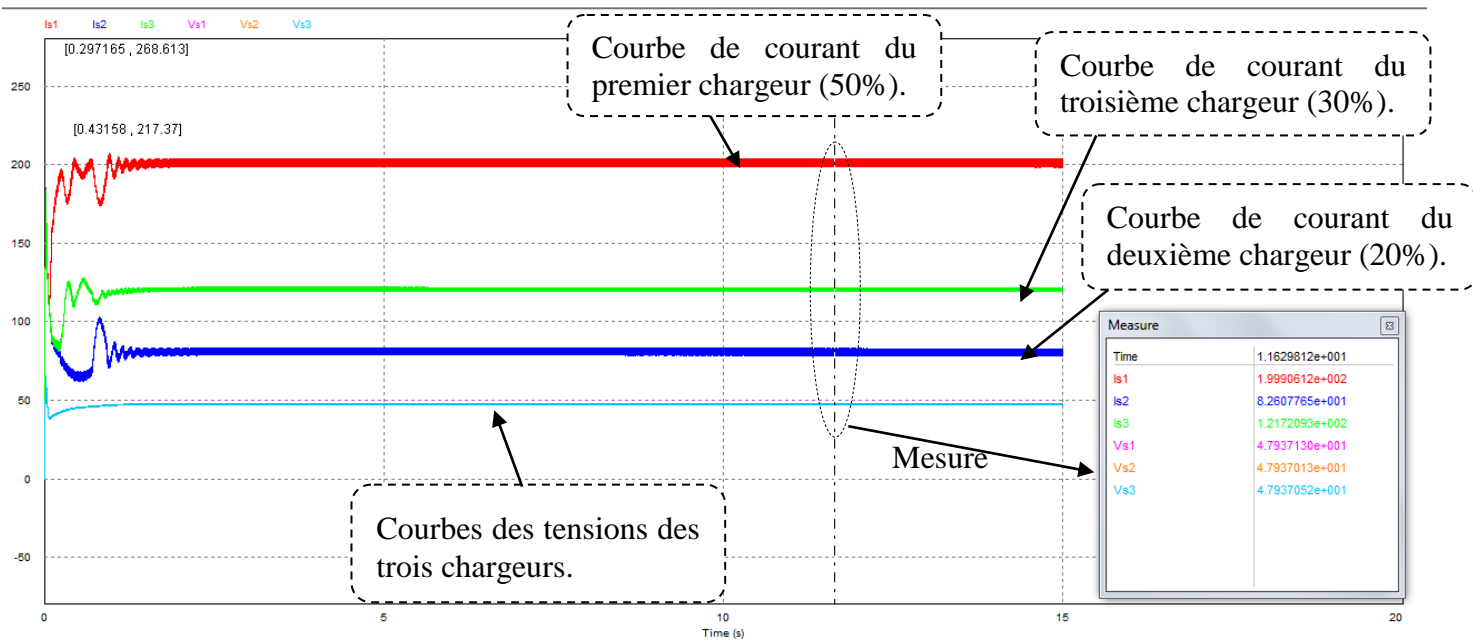


Figure 42 : Les courbes de courant et de tension des quatre chargeurs.

Dans la phase permanente on a mesuré les courants à la sortie de chaque chargeur, on trouve que le courant du premier chargeur est de 199A, le courant du deuxième est de 82A et le courant du troisième est de 121A. Le courant demandé par la charge est donc la somme des trois courants soit 402A. Autrement dit, les chargeurs doivent délivrer, respectivement, 201A, 80.4A et 120.6A. Par conséquent, les résultats obtenus sont acceptables.

2. Réalisation

Le schéma qui permet de simuler notre protocole de communication à l'aide de la carte STM32F4 est représenté dans la figure suivante :

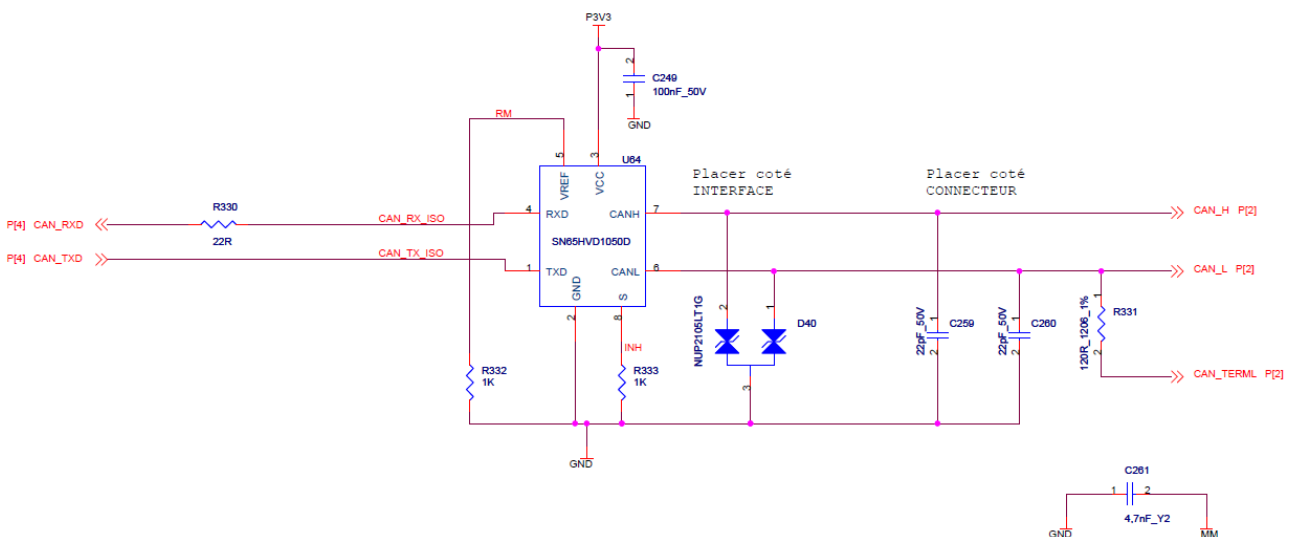


Figure 43 : Schéma de câblage du Transceiver.

➤ **Le NUP2105LT1G**

Le NUP2105LT1G a été conçu pour protéger le Transceiver du bus CAN contre le High-Speed et d'autres événements de tension transitoires nuisibles. Ce dispositif offre une protection bidirectionnelle pour chaque ligne de données. [5]

Conclusion

Nous avons présenté à travers ce chapitre une simulation de plusieurs chargeurs en parallèle en expliquant les fonctions des différents étages du schéma de simulation, et on a illustré les courbes de simulation.

Et vue le retard de réception de la commande du Transceiver, on n'a pas pu tester le protocole de communication entre les chargeurs, nous attendons la possibilité de prolonger la durée du stage afin de compléter ces tests.

Conclusion Générale

Notre projet s'inscrit dans la problématique de la maîtrise de l'énergie et la recherche de l'efficacité énergétique. On s'est intéressé à la gestion du parallélisme des chargeurs de telle sorte à augmenter la disponibilité énergétique et éviter le dysfonctionnement du système. Notre tâche a consisté à mettre en place une solution de parallélisme et faire la gestion des chargeurs.

A travers ce rapport, nous avons illustré la conception du parallélisme des chargeurs. En premier lieu, nous avons donné une vision générale sur le chargeur, à savoir son fonctionnement et les éléments qui le composent. Par suite nous avons recensé les contraintes à respecter, dans le but de gérer d'une manière efficace la solution du parallélisme des chargeurs. Enfin, nous avons présenté une simulation.

Après avoir étudié les différents étages et les organigrammes du chargeur, nous avons déterminé les données nécessaires pour assurer le bon fonctionnement des chargeurs et définir le premier plan de notre protocole de communication, qu'on a développé par la suite afin d'arriver à un organigramme final plus efficace et qui traite tous les cas qui rencontrent les chargeurs durant leur fonctionnement. Au cours de ce développement on a travaillé en parallèle sur le choix du bus de communication à utiliser, l'architecture convenable pour notre solution et la définition des trames utilisées dans la gestion de la communication entre les chargeurs.

Notre démarche de travail et notre analyse méthodique nous a permis d'identifier, de concevoir et de développer une solution qui peut être appliquée et commercialisée. Ce stage a été bénéfique, en effet nous avons travaillé sur une partie d'un grand projet avec une équipe d'ingénieurs, ceci nous a conduit à faire des relations professionnelles avec ces ingénieurs. Nous avons aussi pu répondre à une problématique d'un sujet complexe et qui est fort demandé dans le marché de travail.

Bibliographie :

- [1] [CD00220364.pdf](#) : Manuel d'utilisation de STM32F1xx
- [2] [Manuscrit uCES V3 0a.pdf](#)
- [3] [Padiolleau affiche.pdf](#)
- [4] [RR_6 terrain v2.pdf](#)
- [5] [NUP2105L-D.PDF](#)

Webographie :

- [1'] <https://fr.wikipedia.org>
- [2'] <http://forums.futura-sciences.com/electronique/143744-comparaison-can-i2c.html>
- [3'] <http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/liaison-et-interface-rs487>
- [4'] <http://fr.rs-online.com/web/p/microcontrolleurs/0402251/>
- [5'] http://php.iai.heig-vd.ch/~mee/cours/cours_ra/Chap_04/html/node7.htm
- [6'] <http://www.mongosukulu.com/index.php/en/contenu/genie-electrique4/electronique-de-puissance/555-redressements-triphases?showall=1>

Annex I: Bus CAN

BUS CAN

Le CAN est un protocole de communication série qui supporte efficacement le contrôle en temps réel de systèmes distribués tels qu'on peut en trouver dans les automobiles, et ceci avec un très haut niveau d'intégrité au niveau des données.

Fonctionnement du CAN

Principes

➤ Identifiants

Les trames de données transmises par un nœud sur le bus ne contiennent ni une quelconque adresse du nœud expéditeur ou du nœud destinataire. C'est plutôt le contenu du message, sa signification (son "meaning") qui est précisé par un identificateur (ID). Chaque nœud recevant un message regarde si celui-ci est intéressant pour lui grâce à l'ID. Si c'est le cas, il le traite, sinon, il l'ignore.

Cet unique ID indique aussi la priorité des messages. Plus la valeur est faible, plus le message sera prioritaire. Si deux nœuds ou plus cherchent à avoir accès au bus en même temps, c'est celui de plus haute priorité qui gagne. Les messages de priorité inférieure seront automatiquement retransmis lorsque le bus sera libre.

➤ Notions de bits dominants / récessifs

Le bus peut avoir l'une des deux valeurs logiques complémentaires définies, non pas en 0 et 1 comme d'habitude, mais sous les formes dites de dominante et récessive. Dans le cas d'une transmission simultanée de bits récessifs et dominants, la valeur résultante du bus sera dominante.

Fonctionnement détaillé de l'arbitrage

Dans un système typique, certains paramètres vont changer plus rapidement que d'autres. Ce sera par exemple la vitesse d'un moteur, tandis qu'un paramètre plus lent pourra être la température de l'habitacle. Il est donc naturel que les paramètres qui varient le plus soient transmis le plus souvent et par conséquent doivent avoir une plus grande priorité.

Comme on l'a vu précédemment, la priorité d'un message est déterminée par la valeur de son ID. La valeur de chaque ID, et donc la priorité de chaque type de messages, est assignée durant la conception du système. Un certain nombre de standards ont été développés selon les domaines d'utilisation du bus CAN pour fixer la priorité des ID et permettre une interopérabilité des différents équipements.

Tout conflit de bus est résolu par le mécanisme du "ET câblé", c'est-à-dire qu'un état dominant écrase un état récessif. Concrètement, si plusieurs nœuds débutent leur trame en même temps, le premier qui présente un bit récessif alors qu'un autre présente un bit dominant perd l'arbitrage (dans la trame, l'ID commence par le bit de poids fort).

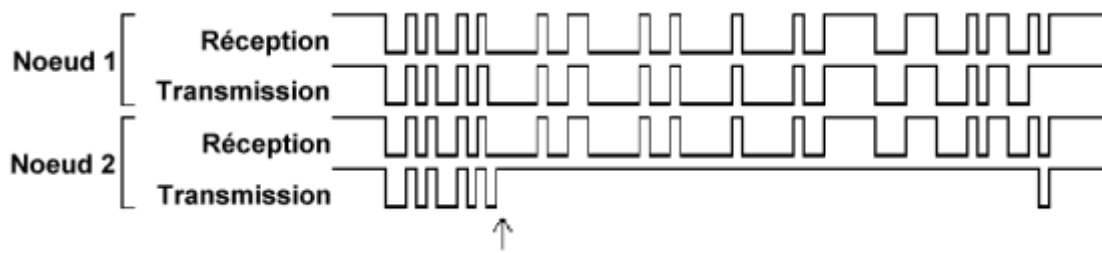


Figure 44 : Exemple de perte d'arbitrage : le nœud perd l'arbitrage au 11ème bit.

Tout ce passe donc comme si le message de plus haute priorité était le seul à être transmis. Lorsqu'un nœud perd l'arbitrage, il devient automatiquement un récepteur du message en cours de transmission, et il n'essaiera de retransmettre son message que lorsque le bus sera à nouveau libre.

Transmission des messages

L'information sur le bus est envoyée sous la forme de messages (Appelés aussi trames ou "frames".) au format fixé. Quand le bus est libre, n'importe quel nœud peut commencer à envoyer un message.

Protocoles 2.0A et 2.0B

Le protocole CAN 2.0 comporte deux sous-spécifications qui diffèrent uniquement au niveau de la longueur de l'ID. La version 2.0A définit des ID de 11 bits et la version 2.0B des ID de 29 bits. On appelle ces trames respectivement des trames standards ("Standard Frames") et des trames étendues ("Extended Frames").

Types de messages

Quatre types de messages peuvent être transmis :

- Les trames de données (Data Frames) sont utilisées pour transporter des données sur le bus. Leur format est détaillé ci-après.
- Les trames de requête (Remote Frames) sont utilisées par un nœud pour demander la transmission d'une trame de donnée par d'autres nœuds avec le même ID.
- Les trame d'erreurs (Error Frames) sont transmises par un nœud ayant détecté une erreur.
- Les Trame de surcharge (Overload Frame) sont utilisées pour produire un délai entre deux trames de donnée ou requête successives.

Trame de données

Les trames de données sont composées de 7 parties détaillées ci-après.

Le format est indiqué pour des trames respectant le protocole 2.0A.

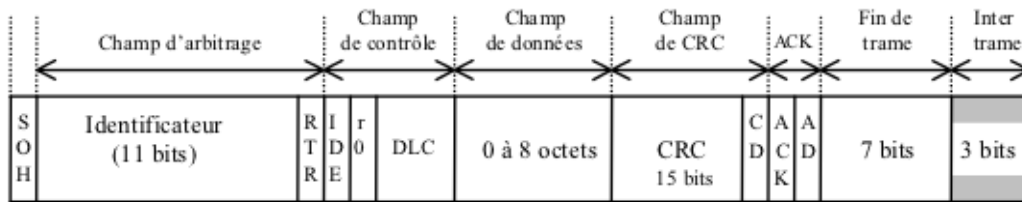


Figure 45 : Trame de donnée.

- ✓ Le bit SOF (début de trame de données)

C'est dominant il signale à toutes les stations le début d'un échange. Cet échange ne peut démarrer que si le bus était précédemment au repos.

Toutes les stations doivent se synchroniser sur le front avant la transition du bit de départ.

- ✓ Le champ d'arbitrage

Le champ d'arbitrage est constitué de l'identifieur et du bit RTR.

L'identificateur (ID) permet d'identifier le message. Il est transmis dans l'ordre ID10 à ID0, où ID0 est le bit le moins significatif.

Le bit RTR (Remote Transmission Request) caractérise les trames de requête. Il est dominant dans les trames de données et récessif dans les trames de requête.

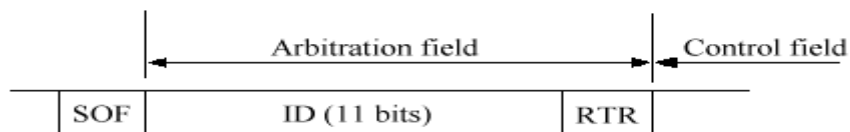


Figure 46 : Champ d'Arbitrage : format standard.

- ✓ Champ de commande

Le Champ de commande est composé de 6 bits.

Les deux premiers bits (émis dominants en trame 2.0A) sont en réserve d'usages ultérieurs et permettent d'assurer des compatibilités futures ascendantes (notamment celles de la trame dite étendue CAN 2.0B). Les contrôleurs CAN doivent être aptes à traiter toutes combinaisons de tous les bits du champ de commande. Les 4 derniers bits du champ de commande (champ DLC - Data Length Code) indiquent le nombre d'octets qui seront contenus dans le champ de données.

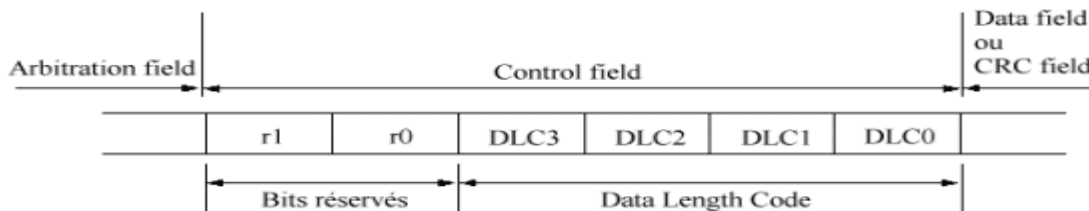


Figure 47 : Champ de commande.

- ✓ champ de données

Le champ de donnée est l'endroit où se trouvent les données utiles transmises. Il peut être composé de 0 octet minimum à 8 octets maximum transmis avec le MSB (Most Significant Bit) en tête.

✓ Champ CRC

Le champ CRC est composé de la séquence de CRC sur 15 bits suivi du CRC delimiter (1 bit récessif).

La séquence de CRC (Cyclic Redundancy Code) permet de vérifier l'intégrité des données transmises. Les bits utilisés dans le calcul du CRC sont ceux du SOF, le champ d'arbitrage, le Champ de commande et le champ de données.

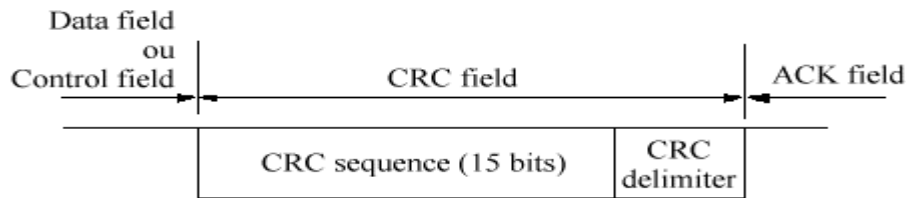


Figure 48 : Champ CRC.

✓ Champ ACK

Le Champ ACK est composé de 2 bits, l'ACK Slot et le ACK Delimiter (1 bit récessif).

Le nœud en train de transmettre envoie un bit récessif pour l'ACK Slot.

Un nœud ayant reçu correctement le message en informe le transmetteur en envoyant un bit dominant pendant l'ACK Slot : il acquitte le message.

✓ Fin de trame de donnée

Chaque trame de donnée et trame de requête est terminée par une séquence de 7 bits récessifs.

Trame de requête

Deux éléments distinguent cette trame d'une trame de données normale : elle ne contient aucun bit de données et son bit RTR est récessif.

Bit Stuffing

Une des caractéristiques du codage NRZ est que le niveau du bit est maintenu pendant toute sa durée. Cela pose des problèmes de fiabilité si un grand nombre de bits identiques se succèdent. La technique du Bit Stuffing impose au transmetteur d'ajouter automatiquement un bit de valeur opposée lorsqu'il détecte 5 bits consécutifs dans les valeurs à transmettre.

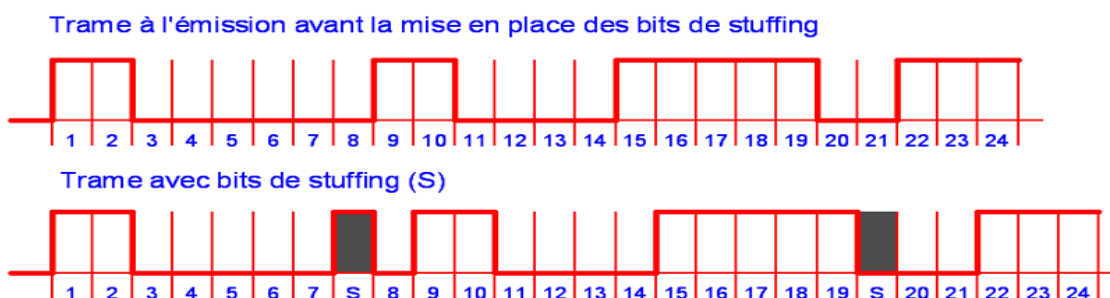


Figure 49 : bit stuffing.

Trames d'erreurs

Une trame d'erreur est constituée de deux parties. La première est formée par la superposition des différents "Error flags" mis par les nœuds du bus. La seconde partie est un délimiteur.

Un nœud qui détecte une erreur la signale en envoyant un Error flag. Celui-ci viole la règle du bit stuffing (6 bits dominants consécutifs) et par conséquent, tous les autres nœuds détectent aussi une erreur et commencent à envoyer un Error flag. La séquence de bits dominants qui existe alors sur le bus est le résultat de la superposition de plusieurs Error flags, et sa longueur varie entre 6 et 12 bits.

Il existe deux types d'Error flags :

Active error flag : 6 bits dominants consécutifs.

Passive error flag : 6 bits récessifs consécutifs, jusqu'à ce qu'ils soient écrasés par des bits dominants.

L'Error délimiter est composé de 8 bits récessifs. En fait, après avoir transmis son Error flag, chaque nœuds envoie des bits récessifs et observe le bus jusqu'à ce qu'il détecte un bit récessif, après il envoie encore 7 bits récessifs supplémentaires.

Les trames diffèrent suivant le type de drapeaux qu'elles contiennent. Les figures 45 et 46 représentent les deux types de trame avec leurs drapeaux respectifs.

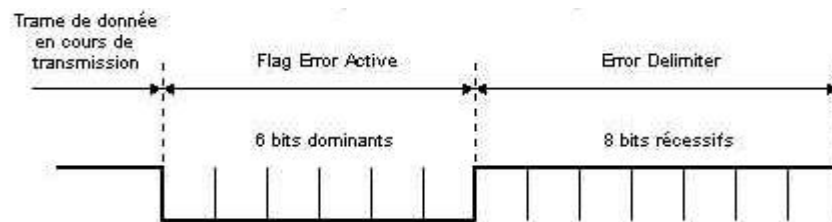


Figure 50 : Trame d'erreur active.

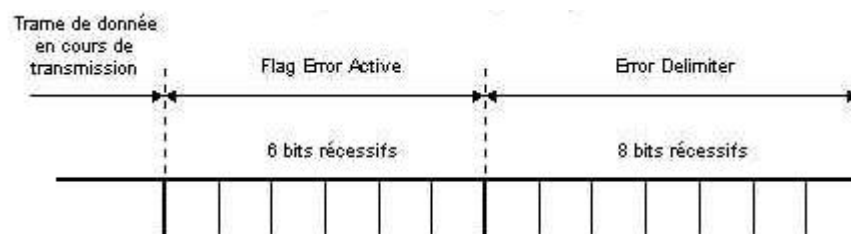


Figure 51 : Trame d'erreur passive.

La gestion des erreurs

La gestion des erreurs est un des points les plus complexes du bus CAN. Plusieurs types d'erreurs peuvent avoir lieu. Les contrôleurs CAN disposent de deux compteurs d'erreurs : Un pour les erreurs d'émission, et un pour les erreurs de réception. Ces compteurs ne sont pas de simples compteurs d'erreurs, ils vont s'incrémenter et de décrémenter automatiquement lors de l'émission/réception.

A partir de ces compteurs, le contrôleur CAN va passer dans différents modes de fonctionnement. Actif, passif, et Off. Lorsqu'un nœud CAN a eu plus de 255 erreurs d'émission, il va passer en mode Bus Off, c'est à dire qu'il ne tentera plus d'émettre.

De 0 à 127 : Etat "error active". Le nœud CAN en question continuera d'émettre et de recevoir normalement mais il indiquera son statut "error active" aux autres nœuds si une autre erreur est détectée.

De 128 à 255 : Etat de "error passive". Le nœud CAN continuera d'émettre et de recevoir mais il indiquera son statut "error passive" à chaque trame d'erreur.

Plus de 255 : Etat de "Bus Off". L'activité du nœud est arrêtée, afin de ne pas perturber le bon fonctionnement du bus.

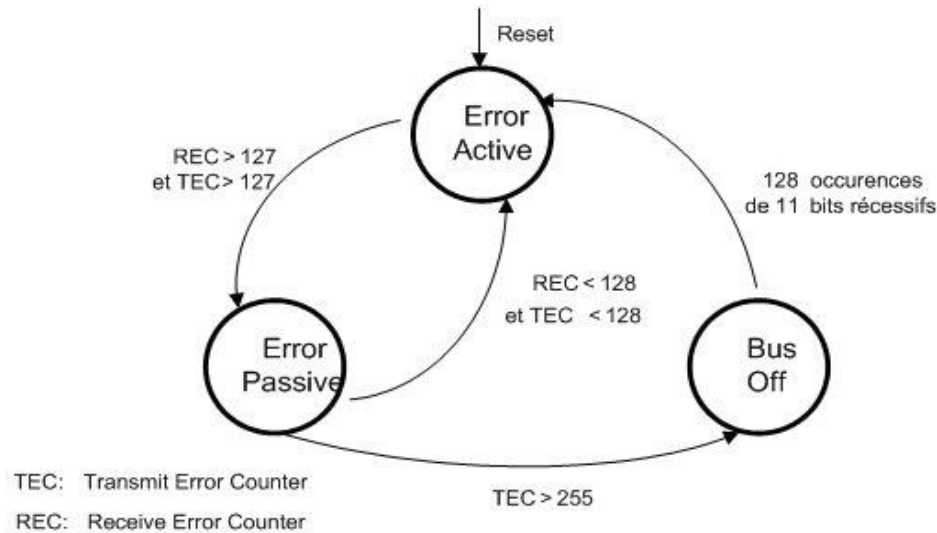


Figure 52 : Compteur d'erreur et état d'un nœud.

Filtre des messages

Le filtre d'acceptation a pour rôle de contrôler les identificateurs (identifiants) des messages présents sur le bus avant de les laisser entrer dans le buffer de réception. Si le message reçu concerne le nœud et si c'est le cas alors le message passe dans un buffer de réception et peut être exploité par le programme en cours d'exécution si le message ne concerne pas le nœud il ignore ce message. Alors une bonne utilisation de ce filtre permet d'éviter une saturation du buffer de réception.

Structure d'un réseau CAN

Pour envoyer ou recevoir un message à partir d'un microcontrôleur, il faut que les données transitent par différents modules. Ci-après, un schéma structurel d'un réseau CAN.

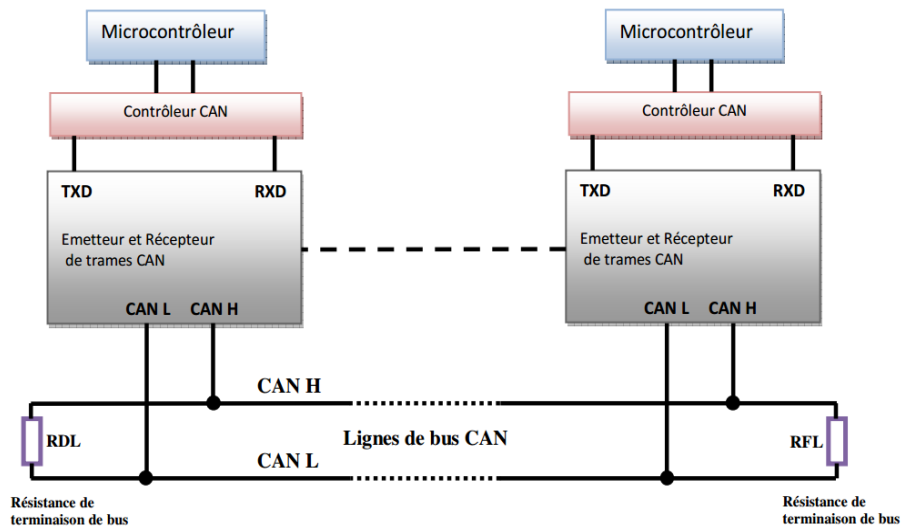


Figure 53 : Structure d'un réseau CAN.

Contrôleur CAN

Le bus CAN étant un bus complexe, il est difficile de le mettre en œuvre de manière totalement software. Les contrôleurs CAN permettent de gérer le bus de manière hardware.

Transceiver CAN

Le protocole CAN ne spécifie pas la couche physique, c'est pourquoi la plupart des contrôleurs CAN ne possèdent pas de circuits permettant de les connecter à un bus, qu'il soit filaire, à fibre optique ou tout autre mode de transmission possible. Le transceiver permet de faire l'interface entre le contrôleur CAN et le bus physique.

La transmission des données est effectuée sur une paire filaire différentielle. La ligne est donc constituée de deux fils :

- CAN L (CAN LOW),
- CAN H (CAN HIGH).



Figure 54 : Paire filaire du bus CAN.

Le CAN est un bus de terrain, soumis à des parasites importants. La transmission en paire différentielle permet de s'affranchir de ces problèmes.

Pour les niveaux physiques sur le bus, il est important de distinguer les deux types de transmission possibles :

- transmission en bus CAN Low speed,
- Transmission en bus CAN High speed.

Dans notre cas on va utiliser le bus CAN high speed parce qu'on a besoin d'un débit important.

Le tableau ci-dessous résume les principales différences entre les deux types de bus notamment sur les débits supportés.

Paramètres	CAN low speed	CAN high speed
Débit	125 kb/s	125 kb/s à 1 Mb/s
Nombre de nœuds sur le bus	2 à 20	2 à 30
Courant de sortie (mode émission)	> 1 mA sur 2,2 kΩ	25 à 50 mA sur 60Ω
Niveau dominant	CAN H = 4V CAN L = 1V	CAN H = 3,5 V CAN L = 1,5 V
Niveau récessif	CAN H = 1,75V CAN L = 3,25V	CAN H = 2,5 V CAN L = 2,5 V
Caractéristique du câble	30 pF entre les câbles de ligne	2*120Ω
Tensions d'alimentation	5V	5V

Tableau 6 : Les deux types de bus CAN.

Les deux figures suivante Présente la manière dont le quel le transceiver code les bits dominants et récessifs:

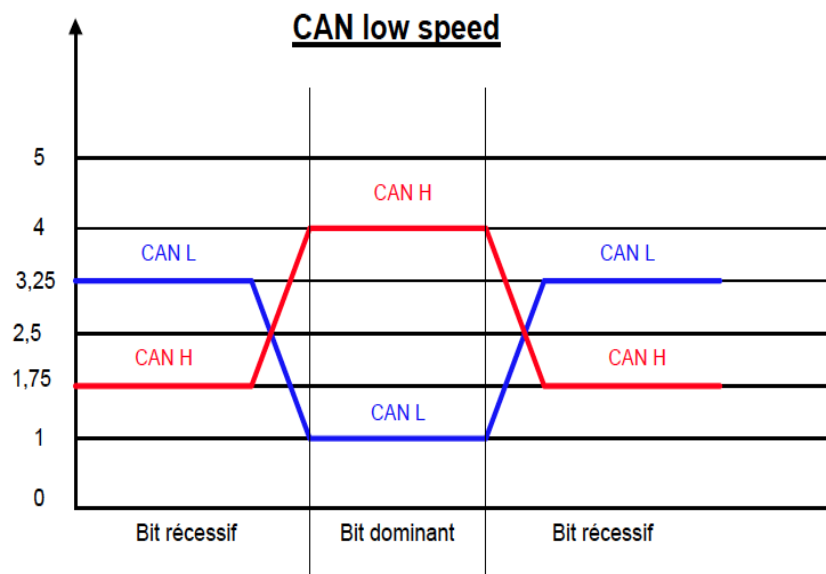


Figure 55 : Niveaux de tension du bus CAN Low speed.

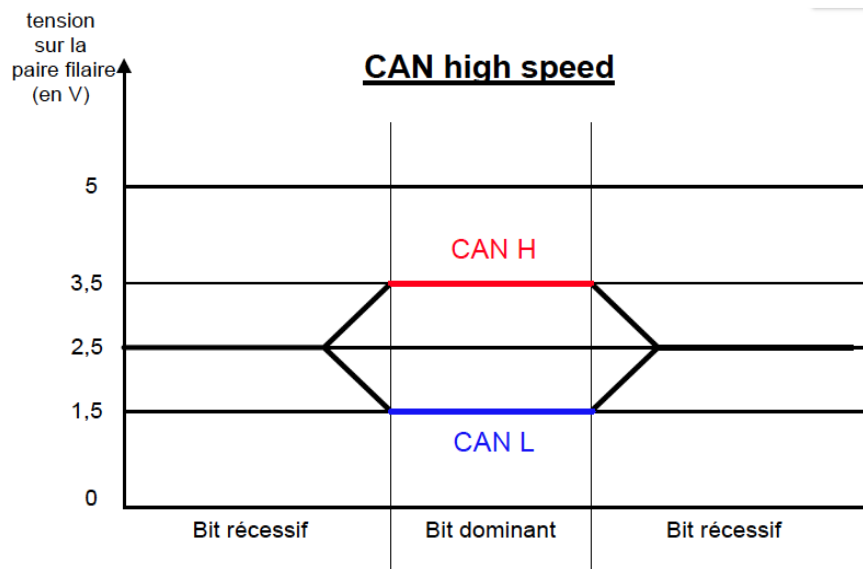


Figure 56 : Niveaux de tension du bus CAN High speed.

Annex II: Fiche de Commande


 FORMULAIRE D'EXPRESSION DE BESOIN														
SOCIETE		NOM DU DEMANDEUR			SITE	NOM DE L'AFFAIRE		N° AFFAIRE	LIEU DE LIVRAISON	NOM DU DESTINATAIRE DE LA DEMANDE	DATE DE LA DEMANDE	SEGMENT D'ACHAT		
ADENEO		WKHOU			ECULLY	Chargeur			Adetel Maroc	W. KHOURCH ECH	28/05/2015	HORS PRODUCTION		
DEMANDEUR / ACHETEUR	CODE ARTICLE X3	DESIGNATION / REFERENCE	FOURNISSEUR	FABRICANT	IMPOSE CLIENT ?	QUANTITE DEMANDEE	N° AFFAIRE (SI)	DELAI DE LIVRAISON	PRIX UNITAIRE	DEVISE	MONTANT TOTAL			
DEMANDEUR / ACHETEUR	461-9771	Transceiver CAN. 1Mbit/s ISO 11898 SOIC. 8 broches	RS	Texas Instruments		5			1.71	EURO	8.55			
DEMANDEUR / ACHETEUR	2101833	ON SEMICONDUCTOR_NUP2105LT1G RESEAU DE DIODE T	farnell	ON SEMICONDUCTOR		5			0.48	EURO	2.39			
DEMANDEUR / ACHETEUR	132-270	Résistance à film de carbone 120Ω, ±5%, 0,5W, Dimensions 3 Dia	RS	TE Connectivity		10			0.08	EURO	0.75			
DEMANDEUR / ACHETEUR	132-494	Résistance à film de carbone 1kΩ, ±5%, 0,5W, Dimensions 3 Dia	RS	TE Connectivity		10			0.04	EURO	0.35			
DEMANDEUR / ACHETEUR	1600966	MULTICOMP_MCCC50V220JNPO CERAMIC CAPACITOR 22P	farnell	MULTICOMP		10			0.02	EURO	0.17			
DEMANDEUR / ACHETEUR	1902938	MULTICOMP_MCRH100V104M5X11 CONDENSATEUR ELEC	farnell	MULTICOMP		10			0.06	EURO	0.64			
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>MONTANT TOTAL DEMANDEUR</td> <td style="text-align: right;">12,85</td> </tr> <tr> <td>MONTANT TOTAL ACHETEUR</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> </table>											MONTANT TOTAL DEMANDEUR	12,85	MONTANT TOTAL ACHETEUR	0,00
MONTANT TOTAL DEMANDEUR	12,85													
MONTANT TOTAL ACHETEUR	0,00													
f														
DEMANDEUR	DIRECTION BRANCHE				CDA / CDP	ACHETEUR	DIRECTION ACHAT							
WKHOU														

Figure 57 : Fiche de commande matérielle.